



Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Facultad de Ingeniería

Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

Diseño e implementación de un modelo de sistema de información industrial para apoyar la gestión del conocimiento y los negocios corporativos. El caso aplicado en la industria del cable, en una empresa de San Luis Potosí.

T E S I S

Que para obtener el grado de:
Maestro en Planeación Estratégica e Innovación

Presenta:

Sabás Bueno Vega

Asesor:

Dr. Adolfo Medellín Pérez



San Luis Potosí, S. L. P.

Junio de 2019

15 de marzo de 2018

IIA. SABÁS BUENO VEGA
P R E S E N T E

En atención a su solicitud de Temario, presentada por el **Dr. Adolfo Medellín Pérez**, Asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestro en Planeación Estratégica e Innovación**, me es grato comunicarle que en la Sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 15 de marzo del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

“Diseño e implementación de un modelo de sistema de información industrial para apoyar la gestión del conocimiento y los negocios corporativos. El caso aplicado en la industria del cable, en una empresa de San Luis Potosí”

Introducción.

1. Los sistemas de información industrial y su impacto en las organizaciones.
2. Metodología para el diseño e implementación de un modelo integral de información industrial para una empresa de cable en SLP
3. Implementación del modelo en su nivel operativo.
4. Análisis y discusión de resultados.

Conclusiones.

Anexos.

Bibliografía.

“MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO”

A T E N T A M E N T E



M. I. JORGE ALBERTO PÉREZ GONZÁLEZ
DIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria - CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 al39
fax (444) 826 2336
www.uaslp.mx

Copia. Archivo
*etn.

“95 Años como Primera Universidad Autónoma en México”



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área de Investigación y Estudios de Posgrado

Aclaración

El presente trabajo que lleva por título: “**Diseño e implementación de un modelo de sistema de información industrial para apoyar la gestión del conocimiento y los negocios corporativos. El caso aplicado en la industria del cable, en una empresa de San Luis Potosí.**”

Se realizó en el periodo: Febrero del 2018 a Mayo del 2019 bajo la dirección del Dr. Adolfo Medellín Pérez.

Originalidad

Por este medio aseguro que he realizado este documento de tesis para fines académicos sin ayuda indebida de terceros y sin utilizar otros medios más que los indicados.

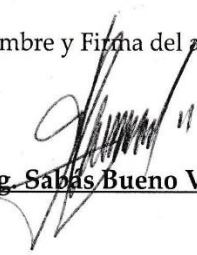
Las referencias e información tomadas directa o indirectamente de otras fuentes se han definido en el texto como tales y se ha dado el debido crédito a las mismas.

El autor exime a la UASLP de las opiniones vertidas en este documento y asume la responsabilidad total del mismo.

Este documento no ha sido sometido como tesis a ninguna otra institución nacional o internacional en forma parcial o total.

Se autoriza a la UASLP para que divulgue este documento de Tesis para fines académicos.

Nombre y Firma del autor


Ing. Sabás Bueno Vega

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico primeramente a mis padres Sabás Bueno Azua y Ma. Guadalupe Vega Cisneros, quienes me dieron la vida, su amor, sus valores, consejos, confianza y su apoyo incondicional en todos mis proyectos de vida.

A mi familia, por su comprensión y apoyo durante el tiempo que duraron mis estudios y el desarrollo de esta tesis, sé que he sacrificado tiempo valioso de convivencia con todos ellos por dedicarlo a este proyecto personal.

Muy especialmente a mi Madre, quien a pesar de que ya no está físicamente conmigo, siempre cuida de mí. Por su gran ejemplo de vida y por ser una de las personas más maravillosas que he conocido, siempre serás mi ejemplo a seguir sin importar las distancias y adversidades tú estás siempre a mi lado.

Sabás Bueno Vega.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a la UASLP por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de vivir la experiencia de cursar una maestría después de casi 20 años de estar fuera de un aula de clases.

Expreso mi gratitud a mi asesor el Dr. Adolfo Medellín Pérez, en quien encontré una excelente persona y guía, compartiendo sus conocimientos, brindándome su valioso tiempo y su desinteresada colaboración y asesoramiento técnico, para realizar las revisiones, correcciones y sus aportes enriquecedores en la elaboración de este trabajo de tesis.

Gracias a los profesores que compartieron su tiempo y paciencia para transmitir sus conocimientos y contribuir en mi desarrollo y formación profesional.

Gracias a todas aquellas personas que me ayudaron a salir de mi zona de confort y me dieron la confianza para emprender esta aventura hacia el logro de este importante proyecto personal.

Sabás Bueno Vega.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. Los sistemas de información industrial y su impacto en las organizaciones. 3	
1.1. Planteamiento del problema.	3
1.1.1. Problemática Identificada	3
1.1.2. Delimitación del Problema.	5
1.1.3. Enunciado Formal del Problema	6
1.1.4. Justificación de la Investigación	7
1.1.5. Objetivo General.....	9
1.1.6. Objetivos Específicos	9
1.1.7. Alcance de la Investigación	10
1.1.8. Limitaciones de la Investigación	10
1.1.9. Hipótesis	11
1.1.10. Preguntas de Investigación	12
1.2. Marco teórico y conceptual.....	13
1.2.1. Teoría General de los Sistemas.....	14
1.2.2. Enfoque de Sistemas sobre las Organizaciones.....	18
1.2.3. Sistemas y Tecnologías de la Información	20
1.2.4. La Administración Estratégica y las Nuevas Tecnologías	23
1.2.5. Sistemas Industriales Distribuidos.....	25
1.2.6. Gestión de la Información y del Conocimiento	29
CAPITULO 2. Metodología para el diseño e implementación de un modelo integral de información industrial para una empresa de cables en S.L.P.	32
2.1. Diseño metodológico.....	32
2.2. Etapas, técnicas e instrumentos de investigación	35
2.2.1. Etapa 1. Definición y sustento teórico y conceptual.....	35
2.2.2. Etapa 2. Diseño del modelo;	36

2.2.3. Etapa 3. Integrar la tecnología e infraestructura necesaria para soportar el modelo	38
2.2.4. Etapa 4. Implementación y despliegue del modelo en las áreas productivas.	39
2.2.5. Etapa 5. Análisis del impacto del modelo en las áreas productivas.....	39
CAPITULO 3. Implementación del Modelo en su nivel operativo	40
3.1. Diseño del Modelo de Sistema de Información.....	40
3.1.1. Modelo de Integración de Sistemas en empresas dedicadas a la fabricación de cables.	40
3.1.2. Modelo Funcional del Sistema de Información	44
3.1.3. Modelo conceptual de la infraestructura necesaria para la integración de los niveles operativos.	45
3.2. Integración de la tecnología e infraestructura necesaria para soportar el modelo.	46
3.2.1. Infraestructura de red.	47
3.2.2. Actualización y modernización de equipos de comunicación y red inalámbrica.	50
3.2.3. Adquisición de servidores para soportar el modelo de comunicación.....	55
3.2.4. Integración de PLCs en los equipos productivos.....	56
3.2.5. Equipos de cómputo de escritorio y estaciones de captura.....	60
3.3. La Implementación y despliegue del Modelo.....	61
3.3.1 Integración de los dispositivos de etiquetado de los procesos.....	62
3.3.2. Integración de los dispositivos de recolección (pistolas de códigos de barras).	63
3.3.3. Integración de los dispositivos de recolección automática (PLC´s)	64
3.3.4. Validación de entrega de Variables (SAP/ADVARIS)	66
3.3.5. Replicación del área piloto a todos los equipos considerados en el proyecto. .	70

CAPITULO 4. Análisis y discusión de resultados	77
4.1 Análisis del impacto de la implementación del modelo	77
4.1.1. Análisis de la implementación del etiquetado/recolección de la información con código de barras.	77
4.1.2. Análisis de la implementación de la red industrial.	80
4.1.3. Análisis de la implementación de PLC integrados a los equipos de proceso. ..	81
4.1.4. Análisis de lectura de variables en el servidor OPC.	83
4.1.5. Análisis de la replicación de la máquina prototipo.	85
4.1.6. Beneficios adicionales de la implementación de los PLC´s	90
4.2. Análisis del cumplimiento de los objetivos del Proyecto	91
4.3. Revisión de los indicadores del proceso.	93
CONCLUSIONES	105
ANEXOS	114
BIBLIOGRAFÍA	118

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Modelo de integración de sistemas de información (MISI).....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 2. Modelo básico de integración de sistemas.</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 3. Modelo de Integración de Sistemas en empresas dedicadas a la fabricación de cables.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 4. Sistema de Ejecución de manufactura (MES) integrado al ERP.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 5. Modelo Funcional según nivel de Integración.</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 6. Modelo Conceptual de la infraestructura necesaria.</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 7. Infraestructura de red actual.</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 8. Infraestructura incremento de red para SAP-MES-SERVIDOR OPC.</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 9. Infraestructura y enlaces de fibra.</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 10 Equipo principal de interconexión de enlaces de fibra y segmentación de red.</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 11. Equipo de interconexión de fibra y cobre en los sitios de planta.</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 12 Equipos de Puntos de acceso inalámbrico.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 13. Segmentación de la red según servicios.</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 14. Servidores para la recolección y almacenamiento de información.</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 15. Modelo conceptual de la integración del Servidor OPC.</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 16 Integración y diagramas de conexión de los dispositivos.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 17. Integración de PLC “DELTA®” para la obtención de variables de procesos.</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 18. Equipos en la estación de trabajo.</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 19. Integración de impresoras de códigos de barras modelos seleccionados.</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 20. Integración de pistolas de códigos de barras (dispositivos de recolección).</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 21. Niveles de integración según el número de variables obtenidas de cada equipo.</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 22 Niveles de integración según el número de variables obtenidas de cada equipo.</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 23. Resultados de obtención de datos de variables de proceso en tiempo real.....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 24. Ejemplo de monitoreo en tiempo real de variables obtenidas por el PLC.</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 25. Gráficos históricos de monitoreo en tiempo real de variables obtenidas por el PLC.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 26. Obtención de variables en 2 equipos de proceso replicación del modelo.</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 27. Matriz de equipos a integrar en el modelo.</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 28. Bloque de máquinas en monitoreo implementación-tiempo real.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 29. Monitoreo de velocidad de máquina en un periodo de tiempo del día.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 30. Monitoreo de variables de velocidad y producción.</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 31. Equipos en la estación de trabajo.</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 32. Tarjeta de identificación del producto.</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 33 Formato de registros de producción.</i>	<i>79</i>

<i>Ilustración 34. Etiquetas de identificación del producto.</i>	80
<i>Ilustración 35. Integración de PLC "DELTA®" para la obtención de variables de procesos.</i>	82
<i>Ilustración 36. Datos obtenidos por el PLC en máquina prototipo.</i>	83
<i>Ilustración 37. Gráfico de datos obtenidos por el PLC en máquina prototipo.</i>	84
<i>Ilustración 38. Gráfico de datos de una corrida normal de máquina SAMP 14.</i>	85
<i>Ilustración 39. Gráfico de corrida de Extrusor 6 "1.</i>	85
<i>Ilustración 40. Datos obtenidos por los PLC máquinas trabajando.</i>	86
<i>Ilustración 41 Datos obtenidos por los PLC máquinas en paro.</i>	87
<i>Ilustración 42. Gráficos obtenidos por los PLC en máquina Nokia.</i>	89
<i>Ilustración 43. Gráfico de datos de PLC máquina M85-2.</i>	90
<i>Ilustración 44. Gráfico de datos obtenidos por el PLC de máquina ED 48.</i>	90
<i>Ilustración 45. Sistema de semáforos de estatus de la máquina.</i>	91
<i>Ilustración 46. Resumen de indicadores de Máquina Nokia 2017.</i>	94
<i>Ilustración 47 Resumen de indicadores de Máquina Nokia 2017 y 2018.</i>	94
<i>Ilustración 48. Gráfico de producciones Mensuales Máquina Nokia 2017 y 2018.</i>	95
<i>Ilustración 49. Gráfico horas programadas vs horas demora Máquina Nokia 2017 y 2018.</i>	96
<i>Ilustración 50. Gráfico de disponibilidad operacional Máquina Nokia 2017 y 2018.</i>	97
<i>Ilustración 51. Gráfico velocidades promedio vs producciones diaria promedio 2017 y 2018.</i>	98
<i>Ilustración 52. Gráfico de Pareto de causas de demora de máquina prototipo Nokia.</i>	99
<i>Ilustración 53. Gráfico de demoras obtenidos de manera automática.</i>	100
<i>Ilustración 54. Estatus de máquina en paro.</i>	101
<i>Ilustración 55. Registro de velocidades por arriba del estándar de producción.</i>	102
<i>Ilustración 56. Gráfico de datos obtenidos del PLC máquina BLS800-3.</i>	103
<i>Ilustración 57. Gráfico de máquina M-85-2.</i>	103
<i>Ilustración 58. Gráfico de máquina M-85-2 en tongas.</i>	104

RESUMEN

La industria hoy en día busca ventajas competitivas y distintivas para hacer frente a los retos de su entorno económico, satisfacer las necesidades de los clientes antes que sus competidores y tomar decisiones de forma rápida y efectiva, de tal manera que les permita incrementar su rentabilidad y su participación en el mercado. El propósito de este trabajo de investigación fue apoyar a enfrentar los retos anteriores a una organización, aprovechando para ello las posibilidades que otorgan las nuevas tecnologías para sistematizar y automatizar el acopio y manejo de información en los procesos productivos y de negocios.

Este proyecto se orientó a la innovación en la industria de los cables mediante la creación, implementación y puesta en operación de un modelo integral de sistema de información, incorporando para ello la infraestructura necesaria que soportara el modelo. Para su implementación, se inició por un prototipo en el cual se llevaron a cabo las pruebas que permitieron determinar la viabilidad técnica, operativa, de costos y el alcance del proyecto; posterior a esto, el prototipo fue replicado exitosamente a otras máquinas y procesos de la organización.

En cuanto a los resultados obtenidos en este trabajo, estos fueron satisfactorios y cumplieron con los objetivos planteados en el proyecto, con beneficios importantes que superaron lo previsto en su concepción inicial, mismos que ahora están detonando la generación de nuevos proyectos en otras áreas -como ingeniería y mantenimiento-, las cuales usan como base la infraestructura generada y hacen uso de los datos que proporciona el sistema de acopio de información tanto de los PLC's instalados en las máquinas de proceso, como de las pistolas e impresoras de código de barras instaladas en las estaciones de trabajo de la operación.

El desarrollo de este proyecto es un primer acercamiento a las bondades que ofrece la planta conectada, la incorporación de las nuevas tecnologías y la digitalización de los procesos productivos. El camino por recorrer hacia la industria 4.0 es largo, los primeros pasos ya se han dado y la organización está haciendo su parte, incluyendo dentro de sus planes estratégicos la incorporación de la tecnología como uno de sus principales ejes de desarrollo.

Observaciones generales:

El alcance de este trabajo de investigación no incluye los cambios de los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP - por sus siglas en inglés, *Enterprise Resource Planning*) ni tampoco el Sistema de Ejecución de Manufactura (MES- por sus siglas en inglés *Manufacturing Execution System*) pues la empresa se encuentra en proceso de cambio y renovación tecnológica de estos sistemas de negocio como parte de su plan estratégico. No obstante lo anterior, en el presente proyecto si se consideran estos sistemas dentro de su planteamiento, ya que serán parte de los clientes que recibirán los beneficios y logros del trabajo realizado en los niveles técnicos y operativos.

Palabras clave:

Sistema de información industrial

Industria 4.0

Nuevas tecnologías

Innovación tecnológica en la industria del cable

Digitalización de procesos

ABSTRACT

Nowadays, enterprises are looking for competitive and distinctive advantages to face the challenges of the current economic environment, in order to satisfy the needs of the clients before their competitors and to make decisions quickly and effective in such a way that they can increase their profitability and their participation in the market.

The purpose of this research work is to help face the above challenges, taking advantage of the possibilities offered by new technologies to systematize and automate the collect and management of information in production and business processes.

This project sought to innovate in the cable industry, through the creation, implementation and start-up of an integral model of the information system, incorporating the necessary infrastructure to support the model. For its implementation, it was initiated by a prototype in which the tests were carried out that allowed to determine the technical feasibility, operative, cost and scope of the project; after that, the prototype was successfully replicated to other machines and processes of the organization.

In terms of the results obtained, these were satisfactory and met the goal set in the project, with significant benefits that exceeded the initial design, which are triggering new projects in other areas, such as engineering and maintenance, which use as a base the infrastructure created and use the data provided by the information collection system of the plc's installed in the process machines, as well as the bar code printers and guns installed in the stations of operation work.

The development of this project is a first approach to the benefits offered by the connected plant, the incorporation of new technologies and the digitalization of production processes. The road to travel towards Industry 4.0 is long, the first steps have already been taken and the organization is doing his part, including within its strategic plans the incorporation of technology as one of its main axes of development.

General remarks:

The scope of this research work does not include the changes of the enterprise resource planning systems (ERP - for its acronym in English, Enterprise Resource Planning) or the Manufacturing Execution System (MES - for its acronym in English Manufacturing Execution System) as the company is in the process of change and technological renovation of these business systems as part of its strategic plan. However, the above, in the present project if these systems are considered within their approach, since they will be part of the clients that will receive the benefits and achievements of the work carried out at the technical and operational levels.

Keywords:

Industrial information system

Industry 4.0;

New technologies;

Technological innovation in the cable industry;

Process digitalization.

INTRODUCCIÓN

Los nuevos entornos industriales están siendo beneficiados por los desarrollos y las innovaciones tecnológicas que se generan en los diversos campos de las ciencias. Las tecnologías que en algún momento fueron desarrolladas de forma independiente o para propósitos particulares, ahora convergen logrando una sinergia y una potencialización de sus usos y aplicaciones. En diversos espacios y disciplinas se emplea el análisis de datos masivos, *Big Data*®, Robótica, Ciberseguridad, Internet de las cosas, Simulación, Realidad aumentada, entre otros. Todos conceptos novedosos que en lo individual representan importantes avances tecnológicos, con usos y aplicaciones específicos en diferentes ámbitos de la sociedad.

Ahora bien, si todos estos conceptos se encuentran conviviendo juntos, todos integrados en las industrias para resolver problemas complejos de la sociedad, su potencial es de dimensiones inimaginables. Es la convergencia tecnológica para el beneficio de la humanidad a lo que se le denomina “la cuarta revolución industrial” o “industria 4.0.” los cuales refieren a la integración de estos adelantos tecnológicos para dar solución a los problemas de la industria.

El uso de la tecnología hace posibles procesos que sin ella serían inalcanzables, por ejemplo, analizar todo un universo de información, cuando en el pasado solo manejamos pequeñas muestras; acceder a información en tiempo real; tomar la información desde su origen, sea un simple dato, una imagen, un video; todo de manera sencilla y accediendo a información que está cerca de nosotros, pero también a diversa información que está a miles de kilómetros.

La tecnología está presente y es cada vez más accesible a las personas y organizaciones; representa la ventaja competitiva que las empresas necesitan para conocer las necesidades de sus clientes, para diseñar lo que se necesita, para producir solo lo necesario y dejar de producir lo que no se requiere, para acercar a las personas entre sus diferentes ámbitos.

Los ejemplos son innumerables, solo tomemos en cuenta que la tecnología en si no es el fin, más bien es el medio para resolver los problemas que existen en nuestro mundo, así como el medio que podemos usar para facilitar nuestras tareas.

El propósito de este trabajo de tesis es encontrar soluciones a los nuevos entornos de la industria, en este caso en una empresa dedicada a la fabricación de cables, en la cual el uso de la tecnología puede darle la ventaja competitiva que necesita para satisfacer las necesidades de sus clientes, responder lo antes posible a sus requerimientos, cumplir con los más altos estándares de calidad antes que sus competidores, resolver problemas inmediatos y tomar decisiones de forma rápida y efectiva.

Adicional al propósito inicial, se busca capitalizar el conocimiento que posee su personal, pasando del simple conocimiento tácito (conocimiento que únicamente una persona conoce y que es difícil explicar a otra persona), a un conocimiento explícito y colectivo, que forme parte del capital estructural de la empresa y que se pueda guardar, compartir, incrementar y retransmitir a las nuevas generaciones.

Este trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Un primer capítulo titulado “Los sistemas de información industrial y su impacto en las organizaciones”, en el cual se plantea la problemática, se establece el objetivo general, así como los objetivos específicos, se determina el alcance y las limitaciones de la investigación; también se presenta el marco teórico con las líneas temáticas que le dan sustento. En un segundo capítulo se describe la Metodología para el diseño e implementación de un modelo integral de información industrial para una empresa de cables en S.L.P. La metodología es presentada en cinco etapas las cuales son desarrolladas para cumplir con los objetivos de la investigación. En el capítulo tres se muestra el desarrollo e implementación del modelo en su nivel operativo. El capítulo cuatro se realiza el análisis y discusión de los resultados obtenidos. Por último, se integra un apartado de conclusiones en el cual se da respuesta a los objetivos y a las preguntas planteada para la presente investigación.

CAPÍTULO 1. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN INDUSTRIAL Y SU IMPACTO EN LAS ORGANIZACIONES.

1.1. Planteamiento del problema.

1.1.1. Problemática Identificada

Los procesos de producción de cables tienen una alta complejidad, tanto por la variedad de tipos, usos y aplicaciones de los cables que se producen, como por las estructuras que conforman sus diseños y la incorporación de nuevos productos, en vista a mantener el cumplimiento de las múltiples necesidades de los clientes y requerimientos del mercado.

Un problema recurrente que se presenta en las empresas que se dedican a la fabricación de cables es la deficiente comunicación interna entre sus áreas administrativas y sus áreas operativas, principalmente referida a la carencia de información oportuna entre los directivos y el personal de los diferentes niveles de la organización, lo cual repercute en la tardía resolución de problemas y en la toma de decisiones deficientes.

Esta carencia de información se debe, entre otras, a la dificultad que se presenta cuando se requiere obtener información del personal operativo; para ello se deben llenar formatos o formularios con los detalles del proceso y el tiempo que se dedica a esta actividad distrae a los operadores de sus labores principales: la producción, lo cual se vuelve un obstáculo importante para mejorar la productividad y gestionar la información generada en cada uno de sus procesos.

Una manera en cómo se ha tratado de solventar esta problemática a nivel de piso es a través de la implementación de Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales, (“*Enterprise Resource Planning*”, ERP, por sus siglas en inglés) con los recursos existentes actuales, sin lograr el éxito en ello, debido principalmente a que los esfuerzos y la cantidad de tiempo necesario para alimentar los formularios de captura y recolección de datos superaron los beneficios obtenidos, por lo que se ha abandonó la iniciativa en

varias ocasiones. Para cubrir las necesidades de información, se han realizado desarrollos propios, mismos que se ha utilizado durante casi 20 años, estando actualmente rebasadas estas aplicaciones por las nuevas necesidades y no se cubren los requerimientos básicos que el mercado demanda.

Por otra parte, la industria de los cables está viviendo tiempos difíciles respecto a las demandas de sus productos, sucediendo que algunas líneas de productos se han contraído tanto hasta casi desaparecer, mientras que otras líneas tienen importantes incrementos en su demanda, pero requieren cambios en sus diseños acordes a las nuevas reglamentaciones de seguridad o a los nuevos usos y aplicaciones de los clientes finales, demandando que las adecuaciones a los productos sean llevados a los niveles operativos de una forma rápida y eficiente, de tal manera que puedan salir al mercado lo antes posible y al mismo tiempo, se cumpla con altos estándares de calidad, buscando con todo ello mantener a los clientes, cubrir sus requerimientos y evitar que estos sean tomados por la competencia.

En cuanto al personal que labora en las empresas dedicado a la producción de cables, está conformado en su mayoría por personal altamente calificado, con amplia experiencia y una buena dosis de intuición y conocimiento, lo cual les permite hacer frente a los cambios del mercado y a las constantes modificaciones necesarias en sus procesos de producción, que exigen corridas cada vez más cortas, así como alta productividad y buenos resultados.

En relación con el aspecto de los recursos humanos, está ocurriendo un fenómeno que anteriormente se le daba poca importancia pues ocurría con baja incidencia y es el hecho de que las nuevas industrias están ofreciendo atractivas ofertas de empleo a los trabajadores con experiencia, provocando un incremento en la rotación del personal de los niveles técnicos y operativos. Lo anterior repercute directamente en los procesos productivos, perdiendo con ello parte del capital intelectual de la empresa que difícilmente se puede recuperar. Adicionalmente, la inestabilidad en la estructura organizacional genera una vulnerabilidad importante, la cual es aprovechada por los

competidores y que de no atenderse con rapidez puede provocar pérdidas importantes en la compañía.

1.1.2. Delimitación del Problema.

La empresa ha tomado la determinación de modernizar sus sistemas de información, tomando como columna vertebral el cambio del ERP actual a una plataforma SAP (*Systeme, Anwendungen und Producte*) por sus siglas en Alemán que se traduce al español como: Sistemas, Aplicaciones y Productos, integrando además un vertical de negocios llamado ADVARIS (solución de software inteligente para la industria del cable y conductores eléctricos) para mejorar los procesos de diseño de cables y cotizaciones de sus productos, así como la integración de los niveles operativos mediante sistemas de planeación, programación de la producción y el control de piso.

Estas herramientas ofrecen procesos y funciones optimizadas, específicas de la industria del cable, como la creación de cotizaciones y cálculo de costos para la fabricación de las diferentes líneas de negocios de los cables. También contempla aplicaciones para el control de calidad, el sistema de embarque, la entrega y facturación de los productos de esta industria.

El proyecto completo de la empresa involucra a toda la organización, desde el nivel de piso hasta los niveles gerenciales y se pretende que existan beneficios para todas las áreas desde los niveles de planeación estratégica, pasando por los niveles de gestión, ejecución, supervisión, control y adquisición de datos, hasta el nivel de campo o de operación.

Es importante dejar en claro que, si bien el alcance de este trabajo de investigación no incluye los cambios de sistemas antes mencionados, si los considera en su planteamiento, ya que serán los clientes que recibirán los beneficios y logros del trabajo realizado en los niveles técnicos y operativos.

La aportación principal de este trabajo de investigación involucra y está delimitado a la creación de un modelo de información y la infraestructura necesaria para integrar los niveles operativos y de campo al sistema de negociación de la empresa, Sistema de Ejecución de Manufactura, (*Manufacturing Execution System*, MES por sus siglas en inglés), llevando la información de estos niveles hacia el ERP para hacerla disponible la información que se genera en el piso de la planta a toda la organización para ayudar a tomar decisiones más rápidas y eficientes.

Los procesos que si se están considerando en este proyecto incluyen la adquisición, instalación y puesta en marcha de equipos de control, interfaces de comunicación, infraestructura de red (*Local Area Network*, LAN por sus siglas en inglés) equipos de comunicaciones conmutadores (*switches o dispositivos digitales lógicos de interconexión de equipos*), tendido de fibra óptica, cableado estructurado y puntos de acceso, necesarios para lograr la interconexión de todos los equipos de producción, calidad y de soporte, como impresoras de códigos de barra, lectores de códigos de barras, dispositivos manuales de recolección, entre otros, es decir, toda la infraestructura que el modelo del Sistema de Información requiera para integrar la información generada en piso y apoyar la toma de decisiones.

1.1.3. Enunciado Formal del Problema

Las posibilidades de innovar, así como de mejorar los procesos productivos y apoyar la toma de decisiones en las industrias fabricantes de cables mediante la gestión eficiente de la información y del conocimiento generado por su capital humano, es el principal problema a resolver en este proyecto, teniendo como herramientas claves la integración de sistemas de información, así como la incorporación de tecnologías interconectadas y soluciones inteligentes.

1.1.4. Justificación de la Investigación

Las posibilidades actuales que otorgan las nuevas tecnologías para automatizar una gran cantidad de actividades de la industria dan pauta a proponer la mejora de la gestión de la información y el conocimiento generado en la industria productora de cables, mediante la integración de sus procesos productivos y de negocios apoyados con sistemas de información operando a todos los niveles de la organización, con el objetivo de retroalimentar los sistemas de negocios (ERP-SAP, ADVARIS, por mencionar algunos) y apoyar la toma de decisiones en los procesos productivos.

La integración del control de piso, en este tipo de industrias por su complejidad de sus procesos es muy difícil de llevar a cabo, por lo que se considera estratégico integrarla a el nuevo ERP que se está implementando en la empresa (SAP) como columna vertebral. Se pretende aprovechar sus bondades y con la incorporación de tecnologías de etiquetado y recolección automática de información se pretende resolver los problemas que se tienen para hacer la retroalimentación del ERP.

En la actualidad se llevan muchos de los registros operativos de forma manual. Esto incluye información de la producción, así como los registros de los procesos de inspección, lo cual distrae al personal operativo de sus funciones básicas, con su consecuente baja de productividad. Aunado a esto, la dificultad para realizar los análisis de la información, ya que se tiene que esperar un tiempo considerable hasta que esta información es capturada y puesta a disposición de los niveles superiores para su análisis, y la toma de decisiones más acertadas.

La integración de tecnología en los procesos de recolección, identificación del producto, etiquetado, y la obtención de información desde los *Controladores Lógicos Programables* (PLCs por sus siglas en inglés) que se instalarán en las maquinas productivas para obtención de datos, son algunas de las acciones que se proponen en este trabajo de investigación, principalmente porque los tiempos y los avances tecnológicos hacen pensar que ahora se pueden llevar a cabo con éxito. Así mismo se prevén

beneficios importantes en ahorros de tiempos de proceso, mejoras en la productividad y principalmente en el acceso rápido a la información, para apoyar la toma de decisiones y la solución de problemas, lo cual debe llevar a mejoras sustanciales en los tiempos de entrega y claridad de respuesta de las necesidades de los clientes.

1.1.5. Objetivo General

Implementar un modelo de sistema de información industrial integral que permita apoyar la gestión de la producción y los negocios corporativos, a través de la integración de una solución que permita la sistematización y automatización del acopio de información de los procesos productivos, para apoyar la toma de decisiones y la generación de nuevo conocimiento.

.

1.1.6. Objetivos Específicos

- a) Crear un modelo de sistema de información industrial que permita la integración de todas las áreas de la empresa, a través del cual sea posible mejorar la comunicación y la toma de decisiones.
- b) Integrar la tecnología e infraestructura necesaria para implementar el modelo de información, incluyendo los dispositivos para la automatización de los procesos productivos y la obtención de datos desde el nivel de campo.
- c) Implementar el modelo en las áreas productivas para automatizar la retroalimentación de los procesos, haciendo uso de la nueva infraestructura para el etiquetado, recolección automática de información mediante PLCs y acopio de datos con dispositivos de recolección.

1.1.7. Alcance de la Investigación

Modelación e implementación del Sistema de Información Industrial, incluyendo tanto el equipo de control, interfaces de comunicación, *infraestructura de red de área local (LAN)*, switches y servidores para lograr la interconexión de los equipos de producción, calidad y de soporte a la plataforma de negocios *SAP* y *ADVARIS*.

1.1.8. Limitaciones de la Investigación

La implementación de este proyecto está limitada o subordinado a la implementación del ERP (*SAP*) y *ADVARIS*, quienes serán los clientes inmediatos de la infraestructura creada. La integración se realizará de manera modular, iniciando en primera instancia los procesos relacionados con el control de almacenes y los relacionados con la facturación por lo que esto limita el aprovechamiento completo de la tecnología según las etapas que se estén liberando o integrando al modelo general.

La edad y el nivel académico del personal operativo del área de producción representa una limitante para la operación y manejo de las nuevas tecnologías propuestas, por lo que se deben incluir programas de capacitación a diferentes niveles tanto para aspectos técnicos como operativos respecto al uso de las nuevas tecnologías a implementar.

El presupuesto con que se cuenta para la red industrial y los equipos de apoyo es limitado, por lo cual es imprescindible hacer buen uso de ellos, de la misma manera incorporar un mecanismo de control de cambios y modificaciones al proyecto original.

El presente trabajo de investigación está delimitado a la entrega mínima de los datos correspondientes a las variables que definió la organización como entregables de este proyecto (velocidad de línea, cantidad de producción o cuenta-metros, condición de la máquina e incidencia) estas variables se definieron como estratégicas para el modelo y serán la fuente primaria de información para los sistemas de negocio *SAP-ADVARIS*.

Sin embargo, podrá ser utilizada la tecnología para la obtención de información para otros proyectos o áreas de interés, como lo son las áreas de mantenimiento, ingeniería y monitoreo de la producción. El manejo de la información dentro de estos sistemas queda fuera del alcance de este proyecto y será responsabilidad del equipo de implementación del ERP.

Es importante considerar que los avances de la integración están sujetos a los avances del equipo de implementación del ERP ya que se está considerando una implementación en todo el grupo industrial de cables. Lo anterior no limita los avances correspondientes a la unidad de negociación, ya que la creación de la infraestructura necesaria para el modelo es responsabilidad de cada una de ellas, esto quiere decir que se puede crear y hacer uso de ella en tanto se dé la integración, incluso existe libertad de utilizarse para otros proyectos y aplicaciones mientras se respeten los formatos y entregables definidos para el ERP.

1.1.9. Hipótesis

El uso de sistemas automatizados en la industria del cable permite el acopio y gestión de grandes volúmenes de información para retroalimentar a los sistemas de negocio, apoyar los sistemas de producción, ahorrar tiempo, mejorar el aprendizaje, así como la generación de nuevo conocimiento a favor de la mejora de los procesos productivos.

1.1.10. Preguntas de Investigación

¿Qué elementos deben ser considerados en un modelo de sistema de información para la industria del cable que permita mejorar su operación, resolver de manera eficiente sus problemas operativos y apoyar la toma de decisiones?

¿Qué tipo de infraestructura es necesaria para incorporar un sistema de información industrial que incluya los niveles operativos?

¿Cuáles son los beneficios de incorporar Sistemas de Información en los niveles operativos?

¿Por qué las industrias difícilmente se atreven a invertir en sistemas que incluyan los niveles operativos?

1.2. Marco teórico y conceptual.

En este capítulo se abordan los conceptos y referencias que establecen el sustento teórico del presente trabajo de investigación, buscando con ello definir la base teórica que permita una comprensión general de la aplicación de las nuevas tecnologías en el ámbito industrial. De forma estratégica, las organizaciones están haciendo uso de los avances tecnológicos y de los recursos que tiene a su alcance para generar ventajas competitivas y diferenciación con los competidores para mantenerse el mayor tiempo posible de una manera rentable en el mercado.

El primer tema que se aborda es el enfoque de sistemas en las organizaciones con esto se busca clarificar la importancia de concebir a la empresa en un entorno global integrado a sistemas superiores, en el que todo está relacionado y en constantes procesos de intercambio.

Posteriormente se presentan temas relacionados con la administración estratégica y la innovación tecnológica, los cuales dan muestra de la importancia de generar planes a largo plazo con una visión de futuro bien fundamentada y con la integración de elementos que renueven y promuevan el uso de las nuevas tecnologías para beneficio de las propias organizaciones.

De acuerdo con lo anterior, en este capítulo se abordan los siguientes temas:

1. Teoría General de los Sistemas
2. Enfoque de Sistemas Sobre las Organizaciones
3. Sistemas y Tecnologías de la Información
4. La administración estratégica y las nuevas tecnologías
5. Sistemas Industriales distribuidos.
6. Gestión de la información y del conocimiento.

Los temas que aquí se presentan no solo tienen que ver con la integración de los avances tecnológicos al mundo industrial, sino también con la interrelación de los individuos con el nuevo entorno económico, dejando de manifiesto que lo único constante en las organizaciones es el cambio.

1.2.1. Teoría General de los Sistemas

Como punto inicial de esta investigación se pretende dejar claro el enfoque de sistemas en las organizaciones, la empresa representa un sistema complejo donde todo lo que la integra debe ser visto con un enfoque global, conceptual-funcional-sistémico, o bien como subsistema de sistemas superiores, donde todo está relacionado con procesos de interacción y cambio constante.

Desde la época de Galileo, las ciencias han sido dominadas en su mayoría por el enfoque analítico, es decir, por la reducción de problemas complejos a sus componentes aislables más pequeños. René Descartes lo definió como el método analítico y desde entonces se le conoce como el método científico, incluso hasta la actualidad.

El método científico mostró buenos resultados con sistemas simples, o con pocos elementos, pero se quedó muy corto al tratar de ser utilizado para analizar sistemas complejos tales como las organizaciones empresariales y la sociedad. Por la gran cantidad de variables y elementos que interactúan en estos sistemas, deben de ser estudiados de una forma más global e integral, ya que el método científico solo busca el estudio individual de las cosas.

Según la afirmación de Aristóteles “El todo es más que la suma de sus partes tomadas por separado”, este planteamiento simple representa todo un cambio de paradigma, el concebir los sistemas desde una perspectiva global, donde todo está íntimamente relacionado e integrado tanto de forma interna como con su entorno y las acciones de cada elemento

tienen repercusiones en el sistema global, las organizaciones actuales deben de partir de este principio básico para su buen funcionamiento (Hanna, 1990).

La teoría General de los Sistemas (TGS) ha servido de base para integrar el conocimiento científico, a una amplia gama de disciplinas. El biólogo Ludwing Von Bertalanffy, formuló dicha teoría a inicios del decenio de 1930 y presentó la idea de que “*todos los sistemas vivos son sistemas abiertos que interactúan como tales con su ambiente*” (Bertalanffy, *An outline of general system theory*, 1950).

El enfoque de sistemas se usó en sus inicios (en los años 50s) en sistemas cerrados de poca complejidad y más tarde se convirtió en el marco de referencia para todas las ciencias con un carácter universal, complementándose con el tradicional enfoque analítico. Este enfoque de sistemas aplicable hasta nuestros días, nos hace ver la importancia que tiene el poder contextualizar primeramente en lo general y la interacción global y después llegar a las particularidades de cada situación. Es aplicable a todo tipo de sistemas y las organizaciones concebidas como sistemas complejos deben de estar claros en estos enfoques, porque tan importante es la concepción global, como los detalles del análisis particular (Forrester, 1961).

Existen prácticas cotidianas que alejan a las personas de la visión global o del enfoque de sistemas, como por mencionar un ejemplo, desde pequeños se enseñan a analizar los problemas y a dividir el mundo. Pareciera que esto facilita entender las tareas complejas, pero la realidad es que sin saberlo se aleja del entendimiento global. En el momento que se quiere integrar todo nuevamente se presenta la complejidad de los detalles que no permiten visualizar el todo integrado y las interrelaciones existentes entre los elementos (Senge, 1992).

El autor (Peter Senge) trata de quitar la idea que se tiene de que este mundo está compuesto por fuerzas separadas y desconectadas. Dice que, al pensar en forma global, o en un todo interconectado estaremos listos para construir lo que él llama “*organizaciones*

inteligentes”, estas organizaciones tienen la característica especial que dominan cinco disciplinas básicas enumeradas a continuación:

- 1) El dominio personal o desarrollo individual de las personas.
- 2) Los modelos mentales que determinan el comportamiento de las personas
- 3) Una visión compartida que busca las coincidencias de los objetivos personales y los de las organizacionales
- 4) El trabajo en equipo que representa la base del trabajo de las instituciones.
- 5) El pensamiento sistémico, que integra los otros cuatro elementos para lograr metas y objetivos conjuntos y a largo plazo.

A continuación, se dará una breve descripción de cada una de estas 5 disciplinas básicas. (Senge, 1992).

1. El dominio personal: una persona que se desarrolla y logra cumplir sus objetivos planteados, tiene una visión y busca trascender en la vida en forma individual, las organizaciones deben buscar objetivos conjuntos que permita a las personas lograr el crecimiento personal y al mismo tiempo un compromiso conjunto con la organización de tal manera que existan beneficios para ambas partes en una negociación de ganar, ganar.
2. Los modelos mentales: supuestos hondamente arraigados en las personas, y que influyen en su comportamiento, trabajan a nivel del subconsciente de las personas, y también existen en el ámbito empresarial, las empresas deben estar conscientes de ello y buscar influir para modificar cualquier conducta que afecte las relaciones de la compañía con sus grupos de interés, como los clientes, competidores, proveedores, empleados, gobierno, etc.
3. Visión compartida: se refiere a las capacidades para compartir una imagen del futuro, el buscar las coincidencias en los objetivos individuales y los organizacionales y con ello lograr genera una visión genuina que permite a las personas buscar ser exitoso y sobresalir por sus propios medios. Esto

indudablemente beneficia a ambas partes y tiene que ver con los líderes que la promueven, si estos logran esa sinergia las personas buscaran siempre el éxito sin importar si son épocas de crisis o de gran prosperidad.

4. El aprendizaje en equipo: se refiere a la creación de un pensamiento conjunto, que permita lograr objetivos que en lo individual jamás se alcanzarían, el aprendizaje en conjunto representa la solución a la fuga de talentos individual es llevar y potenciar los conocimientos individuales a una estructura organizacional, es compartir y llevar los conocimientos individuales (tácitos) en conocimientos compartidos y distribuidos entre todos los miembros del equipo (explícitos).
5. El pensamiento sistémico: llamado según Senge "*La quinta disciplina*" es la integración de todos los conceptos anteriores para el logro de objetivos a largo plazo, cada uno de estos elementos integrados crean un sistema con capacidades superiores, crean organizaciones autosuficientes capaces de sobresalir en las peores circunstancias, organizaciones que aprenden y se autorregulan.

1.2.2. Enfoque de Sistemas sobre las Organizaciones

A través de los siglos, las teorías de las organizaciones han evolucionado. Durante largo tiempo las organizaciones tenían que ver con el gobierno, el ejército y la religión, y no fue hasta la época de la revolución industrial cuando se dio la proliferación de las organizaciones industriales y con ello los primeros modelos de organización de las empresas.

El modelo mecanicista, conocido como el primer modelo organizacional, se mantuvo hasta después de la segunda guerra mundial. Este modelo se basaba en 5 principios básicos, en los que consideraba a las organizaciones como una máquina o como un conjunto de partes que debían estandarizarse y controlarse desde un punto central, considerando lo siguiente:

- 1.- La especialización de la tarea, y su reducción a su ciclo más pequeño.
- 2.- La estandarización del trabajo para hacerlo de un único modo.
- 3.- Las decisiones centralizadas, solo de quien tenía la autoridad.
- 4.- El uso de políticas para todos.
- 5.- La especialización, evitando la duplicidad de funciones. (Weber, 1947)

Esta teoría tuvo su auge y rindió frutos durante la revolución industrial, a tal grado que las personas eran tratadas como máquinas, manejadas al antojo de los administradores para cubrir las largas jornadas y las cuotas de producción. Con el tiempo surgieron movimientos encaminados a tratar de corregir los errores cometidos con la teoría mecánica y tratar de humanizar el lugar de trabajo. Para esto se crean un sin número de corrientes o modas, como la gerencia participativa, la formación de equipos, los círculos de calidad, la reingeniería, etc. (Hanna, 1990)

Partiremos del principio básico “*las organizaciones son sistemas abiertos*” los cuales funcionan con una red de partes interrelacionadas actuando en conjunto con la influencia de su medio, al cual entrega sus productos y servicios. Estos sistemas abiertos constan en general de ciertos elementos comunes;

- 1) Los límites o fronteras de los sistemas.
- 2) El propósito o misión y sus objetivos.
- 3) Los materiales de entrada al sistema o insumos.
- 4) El proceso de transformación o de conversión en productos y servicios.
- 5) Los materiales de salida o productos y servicios.
- 6) La retroalimentación que permite hacer correcciones (negativa) o bien modificar el rumbo (positiva).
- 7) El medio con el cual se interactúa y recibe los efectos de los productos o servicios generados.

Con los años muchas organizaciones han descubierto la forma de influir en la cultura organizacional para predecir el comportamiento y los resultados que se desean, lo cual permite lograr la participación y el compromiso conjunto de sus integrantes de tal manera que se logran tanto los propósitos organizacionales, como los objetivos individuales de los empleados, logrando con ello, organizaciones de alto desempeño o de excelencia (Hanna, 1990).

La aportación del presente tema a la investigación tiene que ver con los cambios estructurales necesarios para que se implemente con éxito el cambio tecnológico y la incorporación de tecnología moderna en la organización. Es necesario contemplar las acciones encaminadas a la administración del cambio organizacional. Principalmente para atender a aquellas personas que estarán siendo afectadas en sus funciones diarias por la incorporación de las nuevas tecnologías. Será necesario incorporar personal nuevo a la organización y modificar los perfiles existentes acordes a las nuevas necesidades de la empresa, sin duda habrá personas a las cuales el cambio sea benéfico, pero también se presentarán casos en los que será necesario tomar decisiones sobre la reubicación de quienes no se adaptan a los nuevos requerimientos.

1.2.3. Sistemas y Tecnologías de la Información

El desarrollo del presente tema nos muestra un recorrido rápido por la historia, haciendo hincapié en los adelantos tecnológicos que dieron pauta a cada una de las revoluciones industriales que han existido a través de la historia y hasta nuestros días. Sin lugar a dudas los tiempos cambian, pero la constante es la convergencia conjunta de los cambios tecnológicos que afectan la manera en que se realizan las cosas.

Se tiene conocimiento a través de la historia de que han existido al menos dos revoluciones industriales previas a lo que ahora se conoce como la era de la información y del conocimiento. La primera Revolución Industrial fue británica, y comenzó por el último tercio del siglo XVIII, fue en este tiempo cuando se da el surgimiento de las primeras tecnologías, la máquina de vapor hace su aparición, así como las hiladoras de varios usos y los avances en la producción de acero con sus nuevos métodos de producción, en general esta época trae consigo la sustitución de las herramientas básicas de trabajo por las máquinas.

La segunda revolución industrial se inició unos 100 años más tarde entre los años 1850 - 1970 y sus principales adelantos tecnológicos tuvieron que ver con la electricidad el motor de combustión interna, la química basada en la ciencia, la fundición de acero eficiente y se dieron por así decirlo los primeros albores del uso de las tecnologías de la comunicación en esta época se tiene una amplia utilización del telégrafo y el desarrollo del medio de comunicación más moderno de esa época, el teléfono aunque con aplicaciones muy limitadas (Castells, 2006).

Una característica importante de esta revolución tiene que ver con el fomento muy importante a la innovación tecnológica. Se destinó presupuesto para la creación de innumerables laboratorios de investigación, lo que llevó a la creación de grandes máquinas, sin duda por ello se le conoce como la época de la máquina, como ejemplos tenemos los motores de combustión interna que vinieron a revolucionar el mundo del transporte y la producción en masa.

La tercera revolución Industrial conocida como la “*Sociedad de la Información*” ubicada desde mediados del siglo XX, tiene como principal motor el uso de masivo de las tecnologías de la información y la conjunción de avances muy importantes en la microelectrónica, la informática, las telecomunicaciones, esta época fue llevada al frente por los países de Estados Unidos, Japón y los países de la Unión Europea.

Se puede decir que el invento principal que detonó toda la tercera revolución vino a raíz del nacimiento del transistor que más adelante se conoció como circuito integrado (CI o Chip), por sus siglas en inglés en el año de 1947 en los laboratorios Bell de Murray Hill (Nueva Jersey), este elaborado invento de la microelectrónica dio origen más adelante (1971) a los microprocesadores desarrollados por la empresa Intel (ubicada en Silicon Valley California) iniciando con ello toda una revolución de cambios en todos los ámbitos de la vida de las personas (Castells, 2006).

El trabajo y la forma de concebir el mundo nunca volvería a ser igual, se generó un círculo virtuoso de creación de nuevo conocimiento-procesamiento de la información-comunicación-difusión-retroalimentación-innovación y usos. Castells lo llama “*Un Círculo de retroalimentación acumulativo entre la innovación y sus usos*” (Castells, 2006)

Se puede decir que las primeras revoluciones tecnológicas se dieron solo en unas cuantas sociedades y áreas geográficas bien definidas, no llegando a impactar de forma global, sus beneficios fueron solo en ciertos sectores y sociedades, su expansión selectiva se dio de forma muy lenta. No así el caso de las tecnologías de la información, las cuales, en pocos años, menos de dos décadas (70s a los 90s) se extendieron por todo el mundo a velocidades impresionantes, su impacto se generalizó en todas las sociedades y personas, sin importar fronteras o clase sociales.

Una revolución industrial se presenta cuando convergen de manera conjunta cambios tecnológicos que afectan de manera importante las formas de hacer las cosas, generando cambios en la economía, en el gobierno, en la sociedad y en las culturas de los pueblos.

La cuarta revolución industrial se encuentra ya ante nosotros y tiene que ver con el uso y aplicación de forma masiva de los últimos adelantos tecnológicos, por mencionar algunos de ellos tenemos: las nanotecnologías, las neurociencias, la inteligencia artificial, los drones, impresoras 3D, Big Data® y análisis de datos, ciberseguridad, la robótica colaborativa, el internet de las cosas (internet integrado a los objetos de uso común), la simulación, la realidad aumentada, la integración de los procesos, entre otros.

Toda esta convergencia tecnológica esta ahora a disposición de la industria, y la diferenciación de las empresas se dará en la medida en que puedan integrarla a sus procesos productivos y de negocio, sin embargo, el reto principal se encuentra en las personas, en los líderes del proceso de cambio, la transformación y la adaptación de las personas a los nuevos entornos de la industria moderna llamada “*La industria 4.0*”.

Sin duda los beneficios que ofrece toda esta integración son atractivos para la industria. Se puede hablar a favor de una adaptación constante a la demanda de los consumidores, el trato personalizado de los clientes y el servicio post venta, el diseño de producción y venta de productos de forma más rápida, la incorporación de servicios a los productos físicos, corridas cortas y rentables, información desde múltiples canales y análisis de la misma en tiempo real para la toma de decisiones, solo por mencionar algunos.

Sin embargo, también veremos nuevamente el desplazamiento de la mano de obra por procesos copados por la robótica, veremos una profunda transformación de los lugares de trabajo y de la forma de relacionarse en los entornos industriales. Sin lugar a dudas la cuarta revolución industrial representa tiempo de grandes cambios, tiempos de adaptación, tiempos de evolución para todas las personas; para muchos representan crisis y el fin de la vida laboral, para otros representa oportunidades y nuevos horizontes.

1.2.4. La Administración Estratégica y las Nuevas Tecnologías

Con el desarrollo de este tema se busca encontrar los elementos necesarios que den sustento a la investigación en cuanto a la importancia que tiene la incorporación de las nuevas tecnologías en los planes estratégicos de las organizaciones. De las estrategias que la organización adopte dependerá la ventaja competitiva o distintiva ante sus competidores, en el mediano o largo plazo. En los tiempos actuales las tecnologías están en la raíz del éxito industrial y su incorporación no debe postergarse.

Conforme aparecen las nuevas tecnologías, estas se van integrando a los procesos productivos dando lugar a nuevos productos o servicios y a nuevas formas de hacer negocios. En el mundo actual los cambios son constantes y cada vez más rápidos para adaptar los métodos de producción a las necesidades del cliente para ofrecer un producto a la medida, métodos que involucran al cliente en el proceso de diseño y procesos de producción flexibles capaces de responder a las expectativas de los clientes, adaptándose rápidamente a las condiciones cambiantes de la demanda. Las empresas como los organismos vivos deben ser capaces de adaptarse a los nuevos entornos si desean sobrevivir. (David, 2013)

La administración estratégica de las empresas tiene como objetivo, identificar oportunidades, así como riesgos y amenazas del entorno. También permite prepararse para una adaptación eficaz al cambio, para lo cual se adecuan continuamente sus procesos, estrategias, sistemas, productos y culturas con el fin de sobrevivir y de mantenerse en el negocio.

Las variables y los elementos que se presentan en la industria son muy variados, tenemos por ejemplo la influencia de las redes sociales, los precios altos de los alimentos, de las materias primas, de los energéticos, las situaciones políticas y financieras de los países con los que se interactúa, todos esos factores externos que están transformando los negocios y la sociedad del mundo globalizado en el que vivimos. (David, 2013)

Si comparamos los mapas y territorios políticos, así como las fronteras de los países, estos se encuentran claramente delimitados, no así los referentes a la competitividad, las comunicaciones, las interrelaciones, donde se desarrolla el mayor flujo de la actividad financiera e industrial, allí las fronteras no existen.

El vertiginoso flujo de la información sobrepasa todas las fronteras existentes en los países y nos transporta de manera casi inmediata a cualquier rincón del planeta, nos hemos convertido en ciudadanos globales, competidores globales, clientes globales, proveedores globales y distribuidores globales. (David, 2013)

Una de las partes más importantes dentro de la administración estratégica de las empresas es lograr mantener una ventaja competitiva, o una situación de ventaja distintiva y diferenciadora que permita sobresalir y brillar en un mundo lleno de posibilidades. Las decisiones que se toman cuando se formulan las estrategias de las empresas comprometen a una organización con sus productos, mercados, recursos y tecnologías durante un periodo de tiempo determinado.

De las estrategias dependerán las ventajas competitivas a largo plazo o bien el futuro de la organización. De una forma u otra las decisiones estratégicas traen consecuencias a lo largo de todas las áreas funcionales de las empresas y efectos duraderos positivos en una organización, o bien la pueden llevar a situaciones muy difíciles que pueden poner en peligro su permanencia en el mercado. Las tecnologías en los tiempos actuales están en la raíz de las estrategias del éxito industrial y son factores críticos para mantener una posición de liderazgo. (David, 2013)

Las estrategias deben tener claridad en su formulación, de tal manera que permitan el cumplimiento de los requerimientos de calidad, rapidez en el desarrollo y el lanzamiento de nuevos productos, buscando la flexibilidad de los procesos productivos y la adaptabilidad a los nuevos entornos del mercado.

Se deben plantear sus estrategias comerciales y de negocio desde el punto de vista global o integral, tomando en consideración los insumos y materiales que conforman sus productos y todo el proceso de transformación hasta llegar a su acabado final donde el producto estará listo para ser distribuido y llevado a los clientes con todas las mejoras e innovaciones que le van agregado valor, hasta llegar al cliente final quien es el que tendrá la última palabra y quién pagará por ellos, dando la oportunidad de seguir en el mercado (Muñoz, 2002).

Toda esta dinámica entre materiales, maquinas, procesos, procedimientos y personas demanda flujos paralelos de información necesarios para llevar a cabo la fabricación y la gestión entre las diferentes áreas funcionales de la empresa y con esto llevar a buen término la comercialización, venta y envío del producto a los clientes de una forma rápida y eficaz dependiendo de las necesidades de cada mercado.

1.2.5. Sistemas Industriales Distribuidos

Para poder hacer frente a todo el conglomerado de requerimientos que las empresas tienen en la actualidad, las organizaciones incluyen en su administración estratégica, la creación de sistemas de información que permitan un adecuado involucramiento de sus áreas funcionales, sus áreas de servicio y de soporte así como sus Sistemas Integrados de Producción, CIM (“*Computer Integrated Manufacturing*”, por sus siglas en inglés), que consisten en la aplicación de ciertas técnicas y procedimientos para obtener una visión integradora de la organización.

Esta visión en sí, no indica la aplicación de alguna tecnología en particular, más bien se refiere al concepto global con el que se puede conocer la operación total de la organización, considerando las aportaciones individuales que hace cada área de la empresa al entramado de información que se requiere para su funcionamiento. (Muñoz, 2002)

Los Sistemas Industriales Distribuidos representan un campo muy amplio de posibilidades y aplicaciones, dentro de los cuales se puede estar hablando de una simple automatización de un proceso aislado, de un grupo de procesos interconectados y supervisados por una computadora que reúne datos históricos, o bien de sistemas más amplios que integren todas las áreas funcionales de una empresa y permitan hacer uso de la información generada en los diferentes niveles para tomar decisiones importantes sobre los procesos productivos, es el caso de la integración a los sistemas ERP y de nivel superior, para poder aprovechar todas las bondades de la integración de la información (Muñoz, 2002).

Si consideramos las diferentes aplicaciones que es posible integrar en las áreas productivas sería posible identificar tres elementos principales: (Muñoz, 2002)

- 1.- Elementos de proceso.
- 2.- Elementos de transporte.
- 3.- Elementos de almacenaje.

1. Los elementos de proceso tienen que ver con los Controladores Lógicos Programables o PLCs (*“Programmable Logic Controls”* por sus siglas en inglés), que son computadoras utilizadas en ingeniería, para automatizar procesos; también pueden ser los equipos de Control Numérico Computarizado; (CNC) por sus siglas en inglés; robots encargados de realizar el mecanizado y ensamblaje del producto; motores; sensores; actuadores; entre otros.

Muchos de estos elementos se pueden encontrar realizando tareas aisladas de control para procesos específicos, combinadas con tareas manuales que entrelazan los procesos productivos, algunas otras pueden integrarse a complejas líneas de producción con mayor automatización, de cualquier manera, representan solo un eslabón de toda la cadena que tiene que recorrer un producto para llegar hasta el cliente. Otros elementos pueden ser los sistemas automáticos para inspección de calidad que se integran cada vez con más frecuencia en las líneas de producción.

2. Los elementos de transporte, se refieren a todos aquellos equipos, dispositivos y mecanismos utilizados para el movimiento de los materiales, necesarios para llevar a cabo la producción, así como el traslado de los productos terminados a los diferentes almacenes según las necesidades de distribución y logística interna. Se podrían mencionar algunos ejemplos como los vehículos de conducción automática; los vehículos motorizados como montacargas; bandas transportadoras; sistemas de transporte de pallets mediante carretillas; grúas; por mencionar algunos.

3. Los sistemas de almacenamiento y recuperación automáticos (AS/RS) representan un claro ejemplo de los dispositivos utilizados para mover grandes cantidades de mercancía y materiales de una forma automática y ordenada con grandes beneficios, así como mejores tiempos de acceso, rapidez en almacenamiento surtimiento y despacho de materiales.

Las redes de comunicación representan el elemento más común en las actividades diarias de la mayoría de las personas, ya sea en el hogar, la oficina, las escuelas, en sitios públicos, por mencionar algunos. Sin embargo, la introducción de sistemas de intercomunicación digital en los entornos industriales aun no es tan amplia como debería serlo, si bien es una tendencia y existen iniciativas por parte de muchos industriales, lo cierto es que existe un retraso importante en la incorporación de tecnologías de la información en las empresas y aún lo es más en los niveles operativos.

La automatización de los procesos en la industria significa importantes avances en la integración de la información, se puede realizar la recolección de los datos desde el punto de origen y escalarlos mediante software especial para clasificarlos y distribuirlos como información útil en los niveles superiores, de tal manera que se conviertan en una herramienta para la toma de decisiones y a su vez hacer más eficientes los procesos de manufactura.

Los sistemas distribuidos en las industrias representan una buena opción para llevar información desde los niveles de control, pasando por la supervisión, la gestión de producción, almacenaje, control de calidad y los sistemas administrativos, con posibilidades de integración en muchos sentidos: podríamos partir desde los procesos de automatización mediante los autómatas programables o PLCs, sensores, actuadores, paneles de visualización a todos aquellos dispositivos capaces de intercomunicarse a través de redes industriales

Por su parte, el uso de sistemas de información de los procesos productivos es una acción estratégica en cada compañía, ya que proporciona la información o retroalimentación necesaria para mantener, corregir o cambiar el rumbo de la empresa además de permite hacer proyecciones y pronósticos de los niveles de cumplimiento de la empresa para sus clientes, así como dar claridad en aspectos como disponibilidad, capacidades de producción, definir fechas promesa y de entrega de productos a los clientes según sus demandas.

En otras palabras, los sistemas de información, son componentes estratégicos para mejorar la competitividad de las empresas y proporcionar el sello distintivo con sus competidores, por lo que indudablemente debe incluirse en la planeación estratégica y deben ser parte de los recursos clave con que cuenta la organización.

Sin lugar a dudas el conocimiento de todos estos conceptos y tecnologías disponibles para la industria en sus niveles operativos, representa el punto más importante de esta investigación, ya que se pretende tomar la información de las fuentes primarias partiendo de la automatización mediante los autómatas programables o PLCs hasta llegar a los niveles administrativos y estratégicos de la organización. Este conocimiento es básico en el modelado y la incorporación de infraestructura para el presente proyecto.

1.2.6. Gestión de la Información y del Conocimiento

El presente apartado teórico pretende resaltar la importancia que tiene la incorporación de las nuevas tecnologías como medio para incrementar el capital estructural de las organizaciones, de tal manera que se pueda captar, almacenar, estructurar, y socializar de una manera más rápida y efectiva el conocimiento que se generen en todos los niveles de las empresas. Representa uno de los objetivos primordiales de esta investigación; que el conocimiento que se genera en los niveles operativos sea preservado, analizado y socializado, de tal manera que minimice los efectos negativos que pueda tener la alta rotación de personal. Fenómeno que se está presentando de manera alarmante en los últimos tiempos en el ámbito industrial de la ciudad de San Luis Potosí, derivado de la alta demanda de mano de obra por la llegada de los nuevos grupos industriales.

El conocimiento se ha convertido en uno de los activos más importantes para las organizaciones a causa de que su gestión añade valor a los productos o servicios que ésta produce, así mismo permite el desarrollo de tecnologías, metodologías y estrategias, lo que facilita su inserción y consolidación en el mercado.

Desde épocas antiguas se ha valorado el poder que tiene la distribución del conocimiento entre las personas, las sociedades y los gobiernos, lo llamamos "*Capital Intelectual*" este se ha tratado de codificar, almacenar, transmitir y difundir entre las nuevas generaciones.

Las antiguas civilizaciones reconocían el poder que tenían sus bibliotecas como fuente de conocimiento. Durante el transcurso de la historia este conocimiento se ha analizado, codificado, clasificado, almacenado y distribuido de diferentes maneras, así, al día de hoy tenemos conocimiento de dominio público, conocimiento de libre distribución y conocimiento clasificado (secreto) solo para ciertos grupos de personas quienes se benefician de él y basan su poderío en la cantidad de conocimiento que poseen o que puedan generar. (Sánchez Medina, 2006)

La forma de obtener, difundir y utilizar el conocimiento en las sociedades ha marcado el curso de la historia entre los pueblos, aun en nuestros tiempos representa una de las herramientas más importantes de poder y de influencia entre las personas, el dominio del conocimiento y de la información es tal que es motivo de guerras, conflictos entre países, pueblos, sociedades y personas.

Las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación han propiciado la aparición de lo que hoy se conoce como las sociedades del conocimiento, esta revolución tecnológica se ha expandido a gran velocidad tal que en pocos años ha cubierto por completo todos los continentes, incorporando valiosos segmentos de la economía a nivel mundial en redes globales (Castells, 2006).

Estas redes globales han creado nuevas condiciones para la creación de la sociedad del conocimiento, según la UNESCO:

“La sociedad mundial de la información sólo cobrará su verdadero sentido si se convierte en un medio al servicio de un fin más elevado y deseable: la construcción a nivel mundial de sociedades del conocimiento que sean fuentes de desarrollo para todos, y sobre todo para los países menos adelantados” (UNESCO, 2005).

La administración del conocimiento es un proceso para obtener conocimiento correcto, de las personas correctas, en el tiempo correcto, para ayudar a las mismas a compartir y poner información en acción con el objetivo de incrementar el desarrollo organizacional (O’ Dell, 1998)

Dentro de las organizaciones, el conocimiento y el capital intelectual representa un recurso estratégico, este concepto de capital intelectual se ha incorporado en los últimos años en los ámbitos empresariales y académicos, para definir todas aquellas aportaciones no materiales que generan las personas como fruto de su trabajo e intelecto y que generan valor a la organización. *“Es el principal activo de las empresas” (Castells, 2006).*

El Capital Intelectual se considera una nueva teoría, que se está incorporando en las industrias, aunque en la práctica siempre ha existido.

“Ha estado escondido entre el valor de mercado de una compañía y su valor en libros la diferencia entre estos dos valores es lo que puede considerarse como el capital intelectual de las compañías” (Malone, 1999, pág. 14).

Muchos autores han escrito en los últimos años sobre este concepto innovador, (Stewart, 2001), fue uno de los primeros autores en utilizarlo;

“representa todos los conocimientos, experiencia, información, propiedad intelectual utilizada para crear valor en las organizaciones, difícil de encontrar y de distribuir eficazmente, pero quien lo encuentra y lo explota, triunfa” (Stewart, 2001).

El Capital intelectual en una organización está formado por los activos intangibles, que aun cuando no están representados en los estados financieros de forma explícita generan valor o pueden generarlo en el futuro, como los conocimientos individuales “Capital Humano” los colectivos “Capital Estructural” y todo lo que se tiene en términos de relaciones procesos y descubrimientos, innovaciones, presencia en los mercados y la interacción con la comunidad (Instituto Universitario Euroforum, 1998).

Es de gran relevancia en esta investigación capitalizar la integración tecnológica con el elemento humano, de manera que se genere sinergia para la obtención de los mejores resultados en el menor tiempo posible, la administración del cambio es un aspecto importante que no debemos pasar por alto, los líderes deben ser los promotores primarios del cambio y este debe permear a toda la organización.

CAPITULO 2. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO INTEGRAL DE INFORMACIÓN INDUSTRIAL PARA UNA EMPRESA DE CABLES EN S.L.P.

En este capítulo se describe y da cuenta la metodología utilizada para el desarrollo y evaluación de este trabajo.

2.1. Diseño metodológico.

Dadas las finalidades de investigación propuestas y que se expresan en los objetivos, se optó por trabajar con la metodología denominada “Estudio de Caso”.

Según el Departamento de Evaluación de Operaciones del Banco Mundial (Morra, 2001, pág. 2), define al estudio de caso de la siguiente manera:

“Un estudio de caso es un método de aprendizaje acerca de una situación compleja. Se basa en el entendimiento profundo de determinada situación, el cual se obtiene a través de la descripción y análisis de la circunstancia aludida. Esta es tomada como un conjunto de factores dentro de su contexto con el objetivo de desarrollar una solución al problema objeto del estudio”.

Las diferentes perspectivas metodológicas dentro de la investigación social, ofrecen ventajas y desventajas de acuerdo al tipo de problema abordado y las condiciones que el contexto específico del mismo presenta. Por lo tanto, al momento de optar por el Estudio de Casos, se tomaron en consideración las cuestiones siguientes:

- El tipo de investigación a desarrollar
- El control que tiene el investigador sobre los acontecimientos que estudia
- La delimitación temporal del problema, es decir, si es un asunto contemporáneo o un asunto histórico.

Bajo este método se atienden preguntas del tipo: "cómo" y "por qué", las cuales asumen un carácter explicativo y tienen la cualidad de conducir fácilmente al estudio de casos, la historia y los experimentos, porque tratan con cadenas operativas que se desenvuelven en el tiempo, más que con frecuencias.

De igual manera, se ubica a este método en la perspectiva llamada naturalista y/o cualitativa, debido a que su interés primordial es el reconocimiento de una situación particular dentro de un contexto específico, antes que la pretensión de buscar la generalización de los hallazgos. Por lo tanto, el interés de esta metodología, está en observar la manera en que aquello que se manifiesta en lo general, toma forma en un caso concreto.

Por otra parte, cabe señalar que dentro de esta perspectiva metodológica existen diversas clasificaciones para el estudio de casos, optando por asumir un estudio de caso de tipo instrumental, dado que el interés no se agota solo en la comprensión del caso, sino que ha pretendido generar un modelo.

Finalmente es de resaltar otra cualidad que tiene la metodología del estudio de caso, que consiste en la posibilidad de integrar múltiples disciplinas, técnicas e instrumentos que, para el caso del presente trabajo, en el plano metodológico, ha posibilitado la articulación del estudio de casos con el de investigación documental, el enfoque de sistemas, así como otras técnicas de recopilación y análisis de información.

La presente investigación busca analizar, comparar y encontrar las mejores tecnologías de automatización en la recolección y acopio de información en áreas productivas, aplicables a una industria fabricante de cables, para la creación de un modelo que dé solución a la problemática existente.

El diseño o plan de investigación está conformado por las siguientes 5 etapas:

Etapa 1. Definición y sustento teórico y conceptual.

Etapa 2. Diseño de un modelo de Sistema de información industrial.

Etapa 3. Integrar la tecnología e infraestructura para la implementación del modelo.

Etapa 4. Implementación y despliegue del modelo.

Etapa 5. Análisis del impacto del modelo en las áreas productivas.

Cada una de las 5 etapas es descrita a detalle en los siguientes apartados y esquematizada de manera general en la Ilustración 1. Modelo de integración de sistemas de información en el cual se resume en su totalidad el presente trabajo de investigación y da cuenta de los momentos y entregables importantes en cada una de las etapas del proyecto.

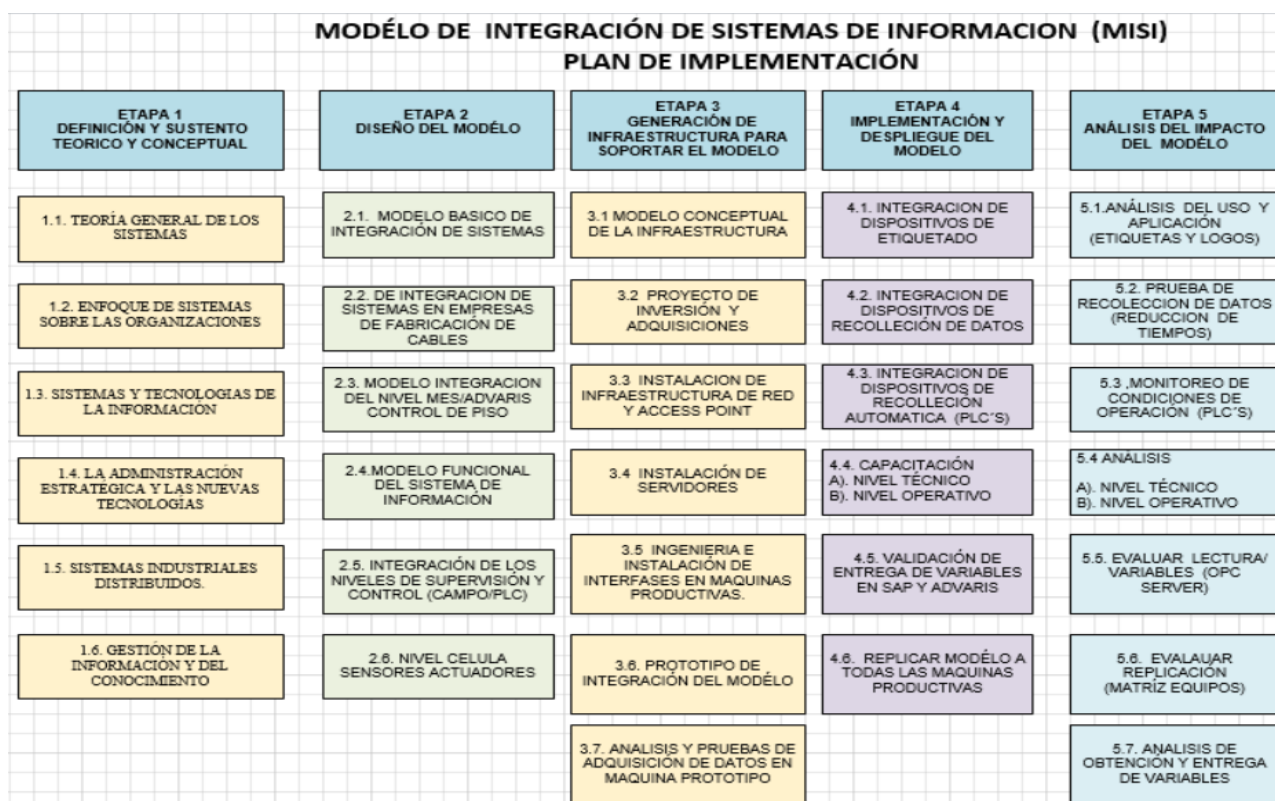


Ilustración 1. Modelo de integración de sistemas de información (MISI).

Fuente. Elaboración propia.

2.2. Etapas, técnicas e instrumentos de investigación

En este apartado se describe cada una de las etapas que conforman el modelo propuesto, así como una breve descripción de las técnicas e instrumentos utilizados en cada una de las etapas de la investigación.

2.2.1. Etapa1. Definición y sustento teórico y conceptual

Comprende la elaboración y fundamentación conceptual inicial, así como del primer esbozo operativo del proyecto

Esta primera etapa comprende la revisión documental para la definición y sustento teórico de la investigación. A través de las técnicas de investigación documental y el análisis de contenido, se ha emprendido la tarea de indagar sobre los diferentes aspectos que dan sustento al trabajo que se desarrolla, buscando la generalización en una primera instancia para ubicarnos en un marco de sistemas global y después entrar a los detalles propios de la industria del cable.

Esta etapa cumple una doble función: en primer lugar, dar cuenta del “Estado del Arte” segundo, establecer el marco contextual, a manera de un esquema de referencia, desde el cual se diseñan las herramientas de acopio de información que posteriormente apoyan en la definición y diseño del modelo definitivo alineado a las empresas que se dedican a la fabricación de cables.

El procedimiento de aplicación, básicamente se acota en tres aspectos:

1. La búsqueda de fuentes de información pertinentes, de acuerdo con las líneas temáticas definidas.
2. Procesamiento, organización y análisis de la información obtenida en las diferentes áreas de investigación.
3. Elaboración de la narrativa del texto y la construcción del aparato crítico que lo sustenta.

2.2.2. Etapa 2. Diseño del modelo;

Sistema de información industrial en el que se integren las áreas, elementos, sistemas informáticos, tecnologías y diversos aspectos conceptuales, acoplados y alineados a la industria del cable.

Las técnicas utilizadas para la realización del modelo fueron la revisión documental y el análisis de la información existente sobre los temas descritos con lo cual se procedió a diseñar un modelo básico.

Modelo básico de integración de sistemas

Este modelo básico está representado en la Ilustración 2. Modelo básico de integración de sistemas, que muestra en forma general los niveles por los que fluye la información y su interrelación con la toma de decisiones.

Por su parte, la información entre más bajo sea el nivel tiene mayor detalle llegando incluso hasta la obtención de datos crudos obtenidos de los equipos o PLCs, que solo son importantes en el momento y lugar en que se generan. Las decisiones que se toman en estos niveles son muy particulares al proceso o lugar o equipo que los genera, por tal motivo son muy importantes para dar solución inmediata a los problemas desde el lugar de origen.

En el otro extremo del modelo (niveles superiores) la información llega en forma de resúmenes ejecutivos con suficiente clasificación para atender decisiones estratégicas de la compañía, su nivel de acción es muy amplio y los detalles en muchos de los casos son irrelevantes, en este nivel la información debe ser oportuna, bien clasificada y sintetizada para que las decisiones sean asertivas y de gran impacto sobre los planes estratégicos de la empresa.

Sistemas de Información y decisión según los niveles gerenciales



Ilustración 2. Modelo básico de integración de sistemas.
Fuente: Adaptado de: O'Brien, J., *Sistemas de información gerencial 4ta Edición*, Irwin Mc Graw Hill, 2001.

El modelo obtenido en su versión final es el resultado de la revisión documental y del análisis de información, este se describe a detalle más adelante en la Ilustración 3 Modelo de Integración de Sistemas en empresas dedicadas a la fabricación de cables.

2.2.3. Etapa 3. Integrar la tecnología e infraestructura necesaria para soportar el modelo

Para la realización de esta etapa se utilizaron las técnicas de análisis documental, con instrumentos como las revisiones de hojas técnicas de los equipos, entrevistas con proveedores, propuestas de solución mediante la demostración de equipos. Así como comparativos de costos y mantenimientos de los equipos, además de soporte de garantías ofrecidas.

Esta tercera etapa incluye tres aspectos principales:

1. La realización de un modelo conceptual de la infraestructura necesaria para la integración de los niveles operativos.
2. La adquisición e incorporación de la infraestructura para implementar el modelo de información propuesto, incluyendo los dispositivos para la automatización de los procesos productivos y la obtención de datos desde el nivel de campo.
3. La Integración del Servidor OPC para la adquisición de datos de los PLCs, representado en la Figura 9. Modelo conceptual de la integración del Servidor OPC.

2.2.4. Etapa 4. Implementación y despliegue del modelo en las áreas productivas.

Esta etapa consistió en poner en funcionamiento el Modelo de información en planta para la retroalimentación de los procesos productivos, utilizando la infraestructura creada, llevando a cabo las siguientes acciones:

1. Poner en funcionamiento los dispositivos adquiridos para la identificación y el etiquetado de los productos (Impresoras de código de barras)
2. Poner en funcionamiento los dispositivos de recolección de información (pistolas de código de barras)
3. Poner en funcionamiento las interfases de recolección automática de datos de planta (PLC's)

Cada una de estos puntos se valida con los entregables definidos en cada caso y que darán muestra del funcionamiento del modelo.

2.2.5. Etapa 5. Análisis del impacto del modelo en las áreas productivas.

Esta última etapa del modelo tuvo como objetivo revisar los resultados de la implementación del proyecto, así como el análisis del impacto de la integración y puesta en marcha del modelo dentro de la organización, buscando con ello dar cuenta de los resultados del proyecto

En cuanto a las técnicas utilizadas en esta etapa del proyecto estuvieron: el análisis de información, observación estructurada, revisión técnica, análisis de propuestas, análisis de costo beneficio, creación de modelos y la evaluación de prototipo.

CAPITULO 3. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EN SU NIVEL OPERATIVO

3.1. Diseño del Modelo de Sistema de Información

A continuación, se describe el proceso de diseño del modelo de Sistema de información industrial en el que se integraron las áreas, elementos, sistemas informáticos, tecnologías y diversos aspectos conceptuales y organizacionales.

3.1.1. Modelo de Integración de Sistemas en empresas dedicadas a la fabricación de cables.

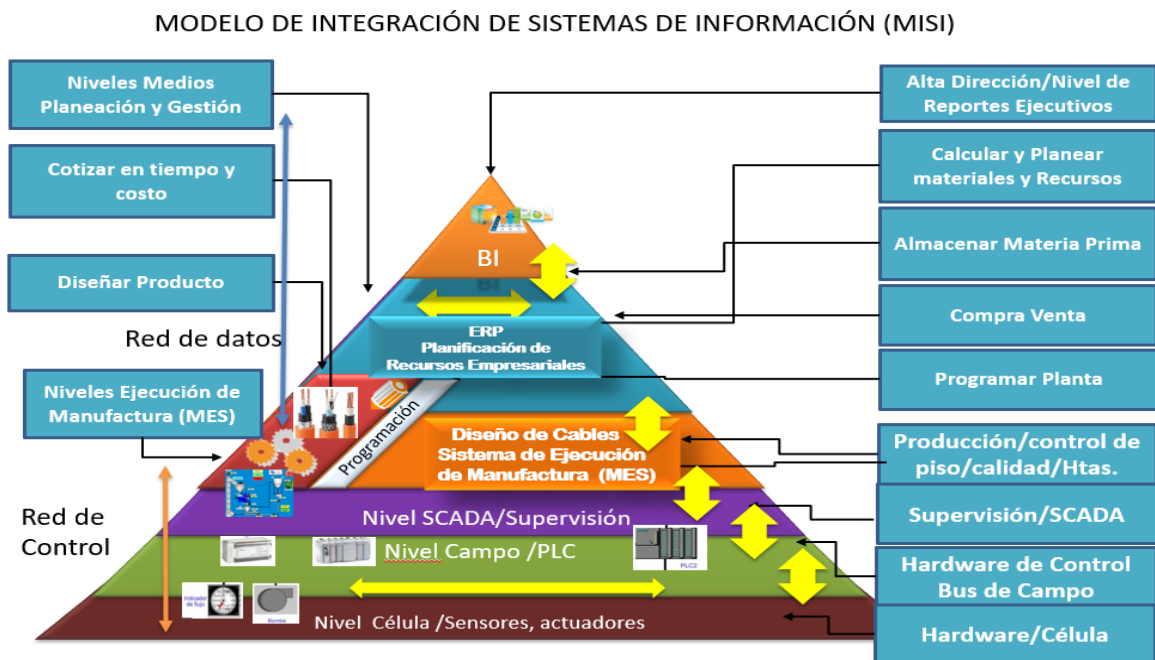
A partir del modelo básico se diseñó el Modelo de Integración de Sistemas de Información (MISI) acoplado a los requerimientos de la industria del cable, el cual tenía la intención de cubrir todas las áreas funcionales, así como la integración de los sistemas existentes y la sustitución de los sistemas obsoletos. De esta manera el modelo propuesto integra 3 elementos que actualmente operan de manera muy limitada en la empresa y estos se consideran de gran relevancia en el proceso de fabricación y control de la producción de la industria de los cables, por lo cual se deben de incluir en la propuesta de solución.

1. La integración de un módulo para el diseño de cables.
2. La integración de un módulo de planeación avanzada que permita respuesta rápida a los requerimientos de los clientes.
3. La automatización de los procesos de acopio de datos y retroalimentación de los sistemas.

Cabe señalar que el trabajo desarrollado se centró principalmente en el tercer punto inmediato que está representado en la Ilustración 3. Modelo de Integración de Sistemas en empresas dedicadas a la fabricación de cables.

El modelo obtenido en su versión final es el resultado de la revisión documental y del análisis de información. Se encuentran representadas las áreas de mayor relevancia, sin ser esto limitativo para integrar toda la estructura organizacional de la empresa, en este caso solo se consideraron los elementos representados, para efectos del modelo y del trabajo de investigación que se está realizando, tratando de clarificar los elementos de la parte baja del modelo que es donde se dio mayor importancia a la investigación.

La generación de este modelo permitió integrar tanto los procesos de negocio fundamentales mediante el ERP (Planeación de recursos Empresariales), y los procesos de manufactura en los cuales se busca cubrir todos aquellos procesos que tienen que ver con la parte técnica del proceso de fabricación de cables. El proceso de evaluación y selección de la solución más adecuada para llevar a cabo el Sistema de Ejecución de Manufactura quedó fuera del alcance de esta investigación sin embargo se incluyó dentro de la concepción del Modelo de Integración de Sistemas de Información (MISI), ya que representa el cliente principal inmediato de toda la información que se genera a nivel de piso.



*Ilustración 3. Modelo de Integración de Sistemas en empresas dedicadas a la fabricación de cables.
Fuente: Adaptado de: O'Brien, J, Sistemas de información gerencial 4ta Edición, Irwin McGraw Hill 2001.*

En la ilustración 4 se muestra el modelo (MISI) detallando los elementos que conforman el Sistema de Ejecución de Manufactura (MES), se representan 4 elementos importantes del sistema:

- a) El diseño y estructura de los productos, que representan la base para la cotización, costeo y la fabricación de los productos.
- b) El control de procesos y ordenes de producción que tiene que ver con toda información necesaria para la fabricación de los productos, ejemplo de ello son las especificaciones, hojas de procesos, planes de control, instrucciones de inspección, y la presentación de órdenes de fabricación a nivel de piso.
- c) La planeación avanzada de la producción, que tiene que ver con el detalle de cantidades, tiempos de fabricación, asignación de recursos de máquinas, personas y materiales necesarios para la fabricación.
- d) Control de piso y retroalimentación de los procesos de producción, que están directamente relacionados con la adquisición de los datos de los procesos productivos, la rastreabilidad de los productos y el reporte de la utilización de recursos y cantidades fabricadas, así como, todos los eventos o incidencias que se tienen dentro del proceso de fabricación, esto incluye varias fuentes de información que se listan a continuación y que representan en gran parte el objetivo principal de este trabajo de tesis, ya que representan la información base para la generación de los indicadores que la empresa necesita para tomar decisiones importantes de su operación.
 - a. Cantidades de producción aceptadas.
 - b. Velocidades de fabricación.
 - c. Cantidades de producción rechazadas.
 - d. Cantidades de desperdicio generadas en los procesos.
 - e. Cantidades de producto retrabajadas.

- f. Materiales utilizados (rastreadibilidad de lotes de materia prima).
- g. Tiempos totales de programación de los equipos (horas programadas)
- h. Tiempos de fabricación (horas directas)
- i. Tiempos de paros programados (desprogramaciones por mantenimiento preventivo, horas de paro programado)
- j. Tiempos de paro no programado (Incidencias o demoras) representado por las fallas en los equipos, fallas originadas por materiales, fallas en la operación, falta de materiales etc.
- k. Resultados de la autoinspección de la producción en proceso (registros de calidad).

Toda esta información es generada en la parte baja del modelo e integrada en la parte media del modelo al cual se conoce como MES (Sistema de Ejecución de Manufactura).

Sistema de Ejecución de manufactura (MES)

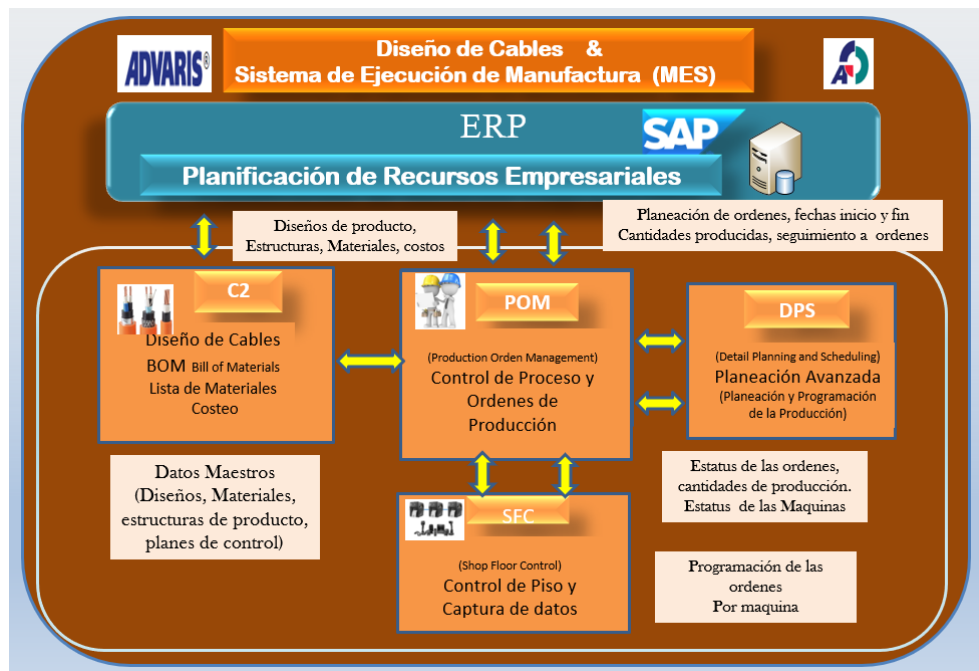
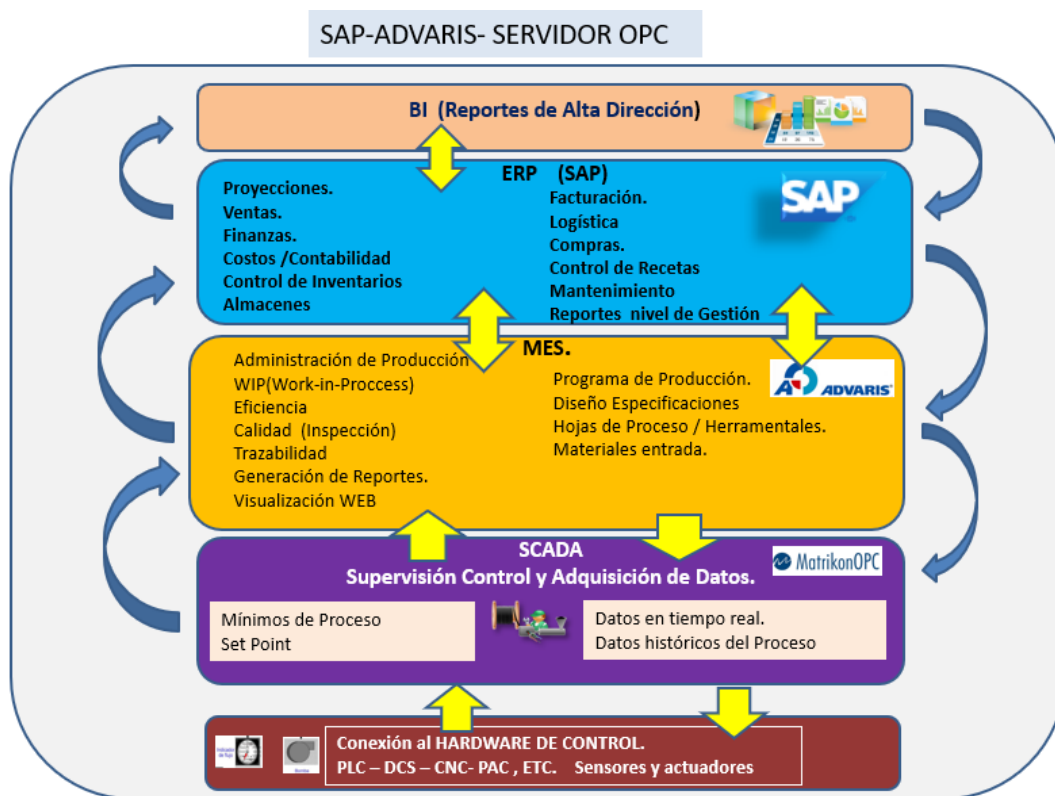


Ilustración 4. Sistema de Ejecución de manufactura (MES) integrado al ERP.
Fuente: Elaboración propia.

En el modelo se muestran las relaciones funcionales de las áreas que lo componen y cada elemento del sistema se integra con un enfoque global de flujo de información, tanto de forma horizontal como vertical, de tal manera que sea posible el acceso de cualquier nivel de la organización a todos los elementos del sistema.

3.1.2. Modelo Funcional del Sistema de Información

Las interrelaciones funcionales son representadas de una manera más detallada en *la Ilustración 5. Modelo Funcional según nivel de Integración*. En este modelo están nombradas las áreas funcionales y los flujos de información que se pretende lograr con el modelo en su implementación completa.



*Ilustración 5. Modelo Funcional según nivel de Integración.
Fuente: Elaboración propia.*

En general podemos hablar de la integración de 3 tecnologías para lograr el modelo completo.

1. SAP-ERP como plataforma base.
2. ADVARIS-Vertical de Cables como especialista en la industria de los cables.
3. OPC SERVER- Servidor de obtención de datos de piso.

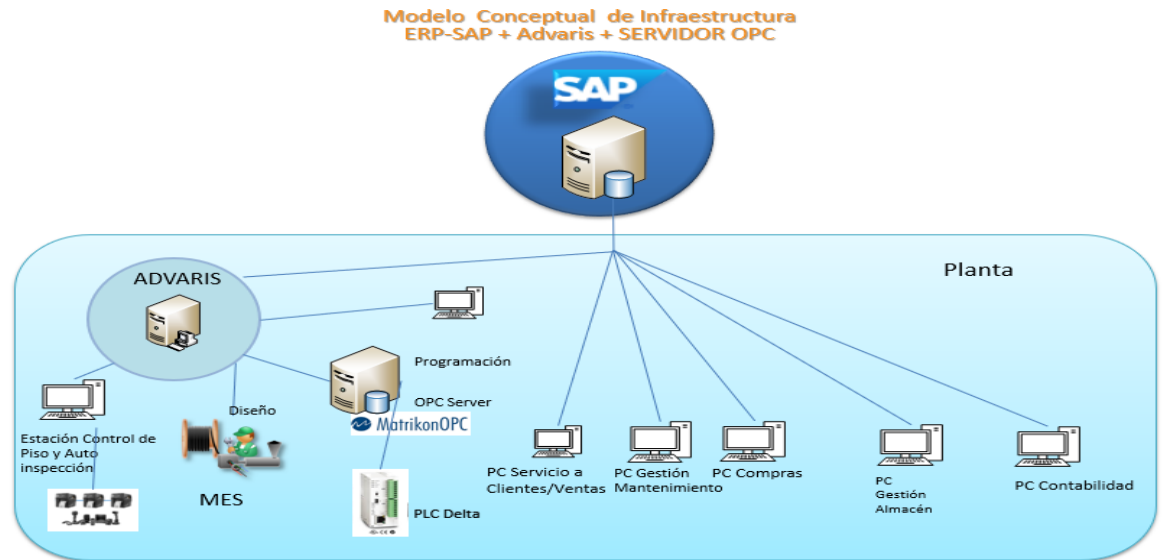
Es preciso mencionar que los dos primeros puntos del modelo no están documentados de manera detallada en esta investigación, más bien están fuera del alcance de la misma, ya que la empresa ha designado a todo un grupo de implementadores para llevar a cabo la incorporación de estas dos tecnologías.

El objeto planteado de esta investigación es el punto número tres que tiene participación de la parte media del modelo hacia la parte baja, lo que corresponde al nivel de piso y partes operativas.

3.1.3. Modelo conceptual de la infraestructura necesaria para la integración de los niveles operativos.

La infraestructura necesaria está representada en la *Ilustración 6. Modelo Conceptual de la infraestructura necesaria*, para ERP-SAP+ADVARIIS + Servidor OPC, este modelo muestra en forma general la arquitectura necesaria tanto de servidores, infraestructura de comunicaciones, interfaces de comunicación (PLCs), equipos de cómputo, dispositivos de adquisición de datos e impresión en código de barras, infraestructura de cableado estructurado, mismo que se detallará más adelante en el desarrollo del presente trabajo.

Modelo conceptual de la infraestructura



*Ilustración 6. Modelo Conceptual de la infraestructura necesaria.
Fuente: Elaboración Propia.*

3.2. Integración de la tecnología e infraestructura necesaria para soportar el modelo.

La adquisición e incorporación de la infraestructura necesaria para soportar los grandes flujos de información que se generan a nivel de piso incluye cinco puntos estratégicos:

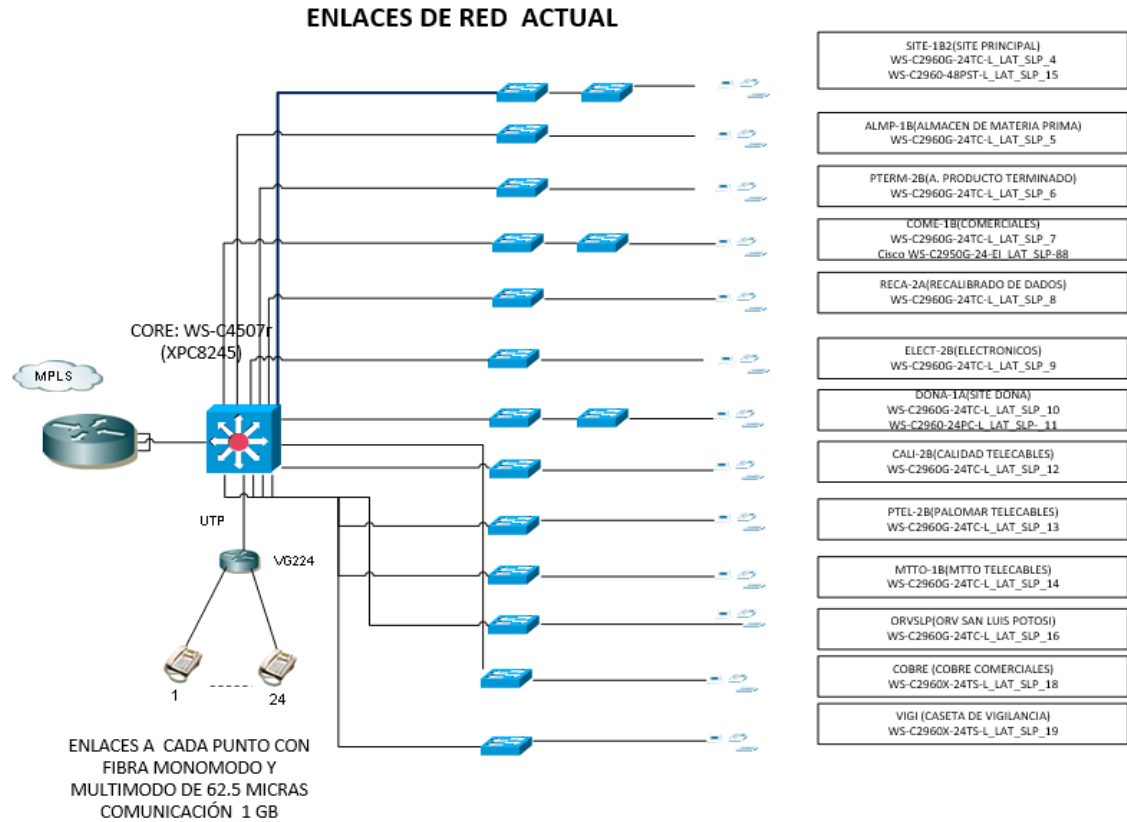
1. Incremento en la infraestructura de red (enlaces de fibra, red de cobre cableada, y red inalámbrica).
2. Actualización y modernización de equipos de comunicaciones que soporten los incrementos actuales y futuros de flujos de información a velocidades mínimas de 1 gigabit por segundo (Gbps).
3. Adquisición de servidores de gama alta para soportar grandes volúmenes de información que se estará recolectando a nivel de piso.

4. La integración de interfaces de comunicación (PLC's) que permitan la comunicación de los equipos de planta y la obtención de datos desde el nivel de campo.
5. Equipos de cómputo (pc) de escritorio y estaciones de captura (tecnología de código de barras y etiquetado).

Cada uno de estos elementos tiene su importancia y nivel de complejidad en el desarrollo de este proyecto, además de que se integra al capital estructural de la empresa, dando con ello pauta a la creación de nuevos proyectos que tomaran de base la nueva infraestructura creada.

3.2.1. Infraestructura de red.

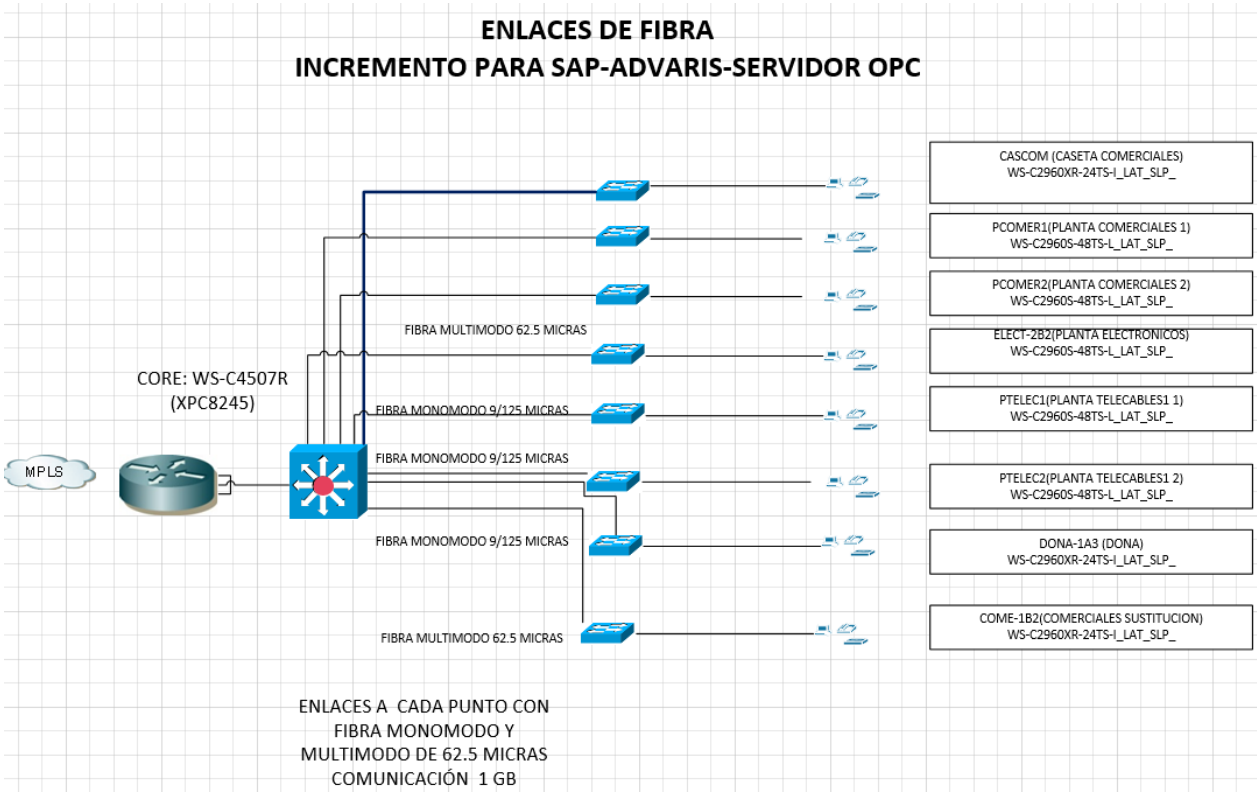
La infraestructura actual se muestra en *la Ilustración 7. Infraestructura de red actual*. Está conformada por un switch principal "CORE" que distribuye los servicios de red por medio de 14 enlaces de fibra ubicados en sitios remotos dentro de la planta; esta infraestructura se toma como punto inicial en la implementación, algunos de los enlaces existentes serán útiles para llegar hasta los equipos productivos y serán considerados para proyectar los incrementos, modernización y actualización de hardware y software para soportar el modelo propuesto.



*Ilustración 7. Infraestructura de red actual.
Fuente: Elaboración propia.*

La infraestructura de Red de Área Local (LAN- “*Local Área Network*” por sus siglas en inglés) debe ser incrementada para lograr la cobertura necesaria tanto de red cableada como de puntos de acceso inalámbrico para todo el despliegue de dispositivos necesarios para la impresión y recolección de datos a nivel de piso.

Este incremento se representa gráficamente en *la Ilustración 8. Infraestructura incremento de red para SAP-MES-Servidor OPC.*



*Ilustración 8. Infraestructura incremento de red para SAP-MES-SERVIDOR OPC.
Fuente: Elaboración propia.*

Los enlaces de fibra necesarios para el incremento de infraestructura de red se representan en *la Ilustración 9. Infraestructura y enlaces de fibra necesarios*. Estos enlaces son cubiertos con instalación de nuevos tramos de fibra óptica de tipo monomodo de 62.5 micras y sus respectivos dispositivos de conexión, dando lugar a la creación de 8 nuevos sitios de interconexión distribuidos dentro de las áreas productivas de la empresa.

Lo anterior equivale a un incremento total de 384 nuevos nodos de red, que serán utilizados por los PLC's, por las nuevas estaciones de trabajo que constan de un equipo de escritorio, impresora y lector de código de barras, así como los dispositivos de conexión inalámbrica o puntos de acceso que serán distribuidos de forma uniforme para dar cobertura a todas las áreas productivas.

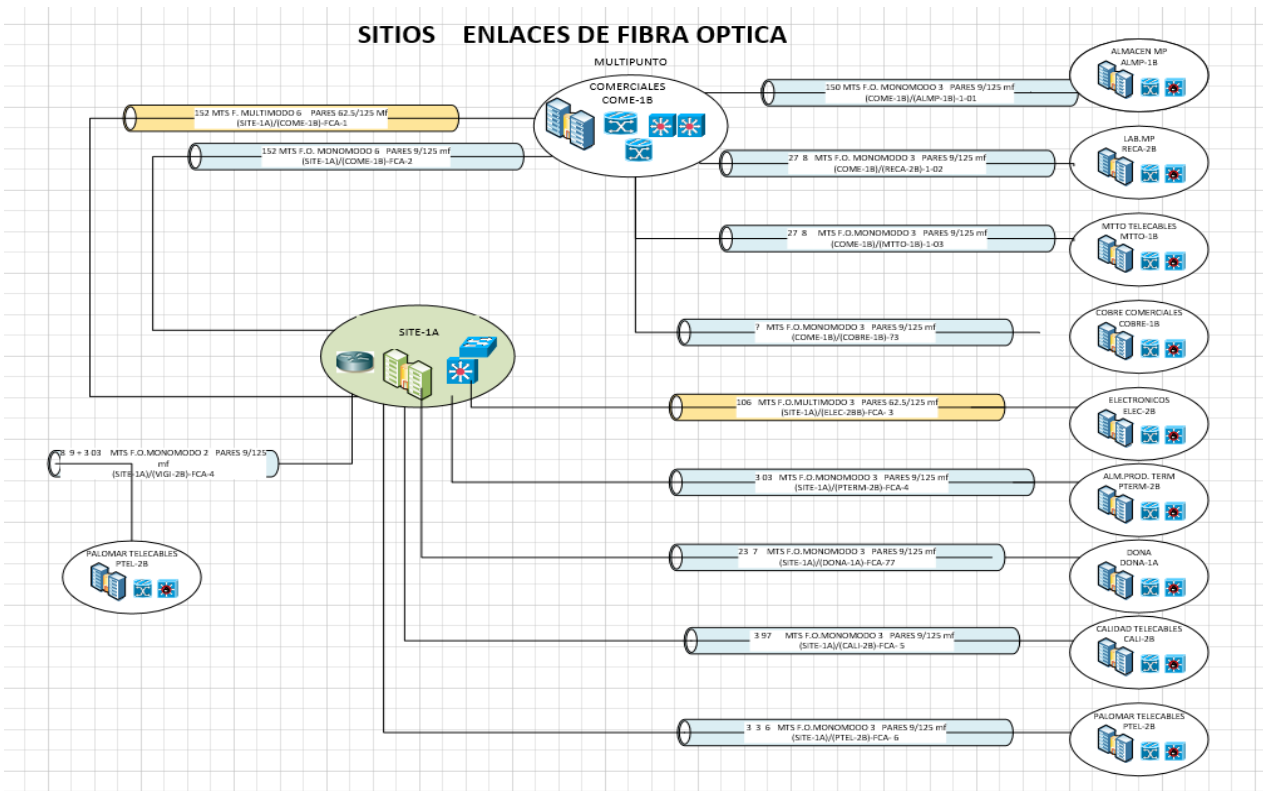


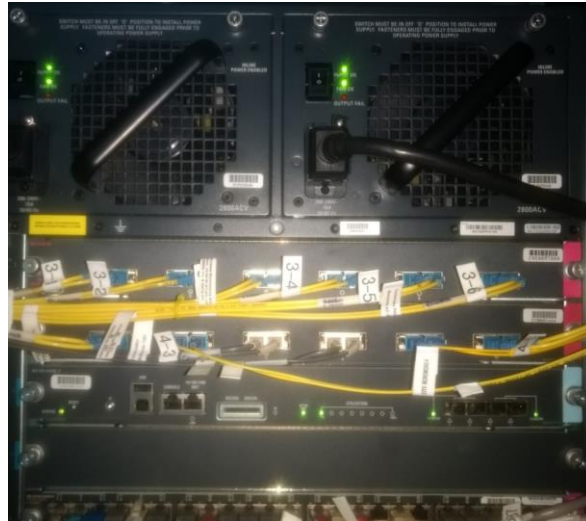
Ilustración 9. Infraestructura y enlaces de fibra.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Actualización y modernización de equipos de comunicación y red inalámbrica.

En cuanto a la instalación de la red industrial se realiza la sustitución del switch principal (CORE) para recibir los nuevos enlaces de fibra óptica y cableados en categoría 6 para garantizar las comunicaciones entre toda la red corporativa; a lo anterior se agrega la segmentación de la red en diferentes redes virtuales que permiten que los flujos de información sean manejados de forma eficiente sin interferir las redes corporativas con la red industrial.

La Ilustración 10. Equipo principal de interconexión de enlaces de fibra y segmentación de red y la Ilustración 11. Equipo de interconexión de fibra y cobre en los sitios de

planta, nos muestran algunos de los equipos que fueron actualizados y modernizados para mejorar el desempeño de la infraestructura de red.



*Ilustración 10 Equipo principal de interconexión de enlaces de fibra y segmentación de red.
Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 11. Equipo de interconexión de fibra y cobre en los sitios de planta.
Fuente: Elaboración propia.*

Se incluye el incremento en capacidad y cobertura de la red inalámbrica dentro de la empresa al cambiar la infraestructura de Puntos de acceso (AP) a equipos de mayor capacidad de procesamiento y mayor velocidad, como ejemplo de ello se sustituyen los equipos antiguos que trabajan a una velocidad de 54 Mbps por equipos nuevos con

velocidad de 1.3 Gbps, 24 veces más rápido y mayor seguridad en la transmisión de información.

La Ilustración 12. Equipos de Puntos de acceso inalámbrico, muestra los nuevos equipos utilizados para ampliar la cobertura de la red inalámbrica, los cuales son integrados a una controladora central que administra toda la red inalámbrica, esto reduce los tiempos de administración de los puntos de acceso, siendo la configuración solamente en un punto y esta se replica en cascada a todos los AP instalados; este es un aspecto importante de mejora para las áreas de sistemas, evitando así la administración autónoma de cada punto de acceso, además de la creación de diferentes perfiles o redes de acceso con lo cual también mejora el perfil de seguridad y acceso a la información que se maneja vía inalámbrica



Ilustración 12 Equipos de Puntos de acceso inalámbrico.
Fuente: Página oficial del proveedor. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-2700-series-access-point/datasheet-c78-730593.html>.

Para proporcionar los diferentes servicios de red que se requieren en la empresa se realizó una segmentación en redes virtuales para manejar el tráfico de datos según los diferentes servicios a proporcionar, tanto a la red industrial como a las redes corporativa. Esta segmentación se realizó en el switch principal de comunicaciones de la empresa el cual funciona como servidor VTP (*VLAN Trunk Protocol*) VTP por sus siglas en inglés lo cual reduce la administración en una red de switch, al configurar una nueva red virtual

(“Vlan por sus siglas en ingles “) en un servidor VTP, esta se distribuye a todos los switches cliente del dominio. Estos servicios son mostrados en *la Ilustración 13. Segmentación de la red según servicios.*

Segmentación según servicios:

- 1) (Vlan 1, y 2 y 30) Red de datos (Red de datos red corporativa)
- 2) (Vlan 5) Red de Acceso (Red de puntos de acceso inalámbrico)
- 3) (Vlan 10) Red de Voz (Red de telefonía Ip)
- 4) (Vlan 25) Red de Video-vigilancia (Red de monitoreo videovigilancia)
- 5) (Vlan 15) Red de Video-Conferencia (Red para equipos de videoconferencia)
- 6) (Vlan 35) Red de control de demanda (Red para sistema de control de demanda- Industrial)
- 7) (Vlan 60) Red Control de Acceso (Red para equipos de control de asistencia y acceso a planta)
- 8) (Vlan 54) Red industrial-Impresoras-Lectoras (Red para interconexión de impresoras de código de barras)
- 9) (Vlan 51, 52) Red Industrial-PLC (Red para interconexión de PLC’s de máquinas de procesos)
- 10) (Vlan 57) Red Industrial -Consumo de energía INFRA (Red para monitoreo de subestaciones consumo-electricidad)
- 11) (Vlan 219 y 220) Red industrial-SAP-ADVARIS (Red para equipos de planta conectados a las aplicaciones de SAP y ADVARIS)
- 12) (Vlan 215,216,217,218) Red inalámbrica en controladora uso corporativo.

```

SWDONAPOE2960_LAT_SLP_11# sh vlan

```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/2, Fa0/3, Fa0/5, Fa0/7 Fa0/11
2	RED_DATOS_10_68_28_0	active	
5	RED_ACCESS_10_58_34_0	active	Fa0/1, Fa0/4, Fa0/8, Fa0/9 Fa0/10, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14 Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18 Fa0/19, Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23 Fa0/24, Gi0/1
10	RED_UOZ_LATINCASA_10_66_34_0	active	Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5 Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10 Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14 Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18 Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22 Fa0/23, Fa0/24, Gi0/1
15	RED_VIDEOCONFERENCIA_LATINCASA_1	active	
20	RED_CAMARAS_LATINCASA_10_71_34_0	active	
25	RED_MONITOREO_10_75_34_0	active	
30	RED_10_69_34_0	active	Fa0/20
35	RED_CONTROL_DEMANDA	active	
40	RED_10_50_34_0_PLC_ADUARIS	active	
51	RED_ADUARIS_PLC1	active	
52	RED_ADUARIS_PLC2	active	
54	ADUARIS_IMP_HH	active	
57	RED_INFRA	active	
60	RED_CONTROL_ACCESO	active	
67	RED_DATOS3	active	
215	ULAN_WIRELESS_UIP	active	
216	ULAN_WIRELESS_GUEST	active	
217	ULAN_WIRELESS_CICSA	active	
218	ULAN_WIRELESS_GDX	active	
219	ULAN_ADUARIS	active	
220	ULAN_SAP	active	
1002	fddi-default	act/unsup	
1003	trbrf-default	act/unsup	
1004	fddinet-default	act/unsup	
1005	trbrf-default	act/unsup	

```

VLAN Type SAID MTU Parent RingNo BridgeNo Stp BrdgMode Trans1 Trans2

```

Ilustración 13. Segmentación de la red según servicios.
Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de estos servicios en forma individual representan elementos importantes de la comunicación de la empresa, todos ellos se sirven de la misma infraestructura creada pero quedan fuera del alcance de este trabajo de investigación, el diseño y configuración de los equipos y en general la configuración de toda la red para la implementación del modelo se realiza con el apoyo de un grupo de especialistas en comunicaciones, quienes determinan según los requerimientos del proyecto el número de “Vlans” o redes virtuales necesarias para dar cobertura a todos los nuevos sitios donde se quería propagar tanto la red cableada, como la red inalámbrica.

Se presenta algunos de los cambios estructurales necesarios para obtener toda la cobertura que se requería para implementar el modelo global de la organización. Entre otros podemos mencionar el cambio de los switches por equipos de gama mayor con velocidades de 1 Gbps lo cual representa un beneficio de 10 veces la velocidad con que se venía manejando (100 Mbps).

3.2.3. Adquisición de servidores para soportar el modelo de comunicación.

Dentro de la nueva infraestructura se contempla la puesta en operación de varios servidores de gama alta con sistemas de redundancia y respaldo de información que dan soporte a la operación y permitan el procesamiento de grandes cantidades de información que se generan a nivel de piso. *La Ilustración 14. Servidores para la recolección y almacenamiento de información*, muestra los servidores instalados para cubrir estos requerimientos.

Los servidores que se instalaron para la adquisición de datos en el nivel (MES ya se encuentran en operación, aunque de momento solo a nivel de pruebas en tanto se libera la aplicación de ADVARIS. Actualmente están recibiendo los datos que provienen de los PLC y de los registros alimentados por el operador, tanto de manera manual como por medio de las pistolas de códigos de barras, con sus respectivos sistemas de respaldo de información.

- 1) Servidores para “ADVARIS”. Servidor para manejo de datos de aplicaciones de control de piso, programación de la producción y diseño de cables Sistema de Ejecución de manufactura (MES).
- 2) Servidor OPC para recolección de datos de los PLC’s instalados en las máquinas de planta.



*Ilustración 14. Servidores para la recolección y almacenamiento de información.
Fuente: Elaboración propia.*

3.2.4. Integración de PLCs en los equipos productivos.

Incluye la integración del Servidor OPC y las interfaces de comunicación a PLC's para la adquisición de datos directamente de los equipos productivos, representado en *la Ilustración 15. Modelo conceptual de la integración del Servidor OPC.*

Modelo conceptual de la integración del Servidor OPC.

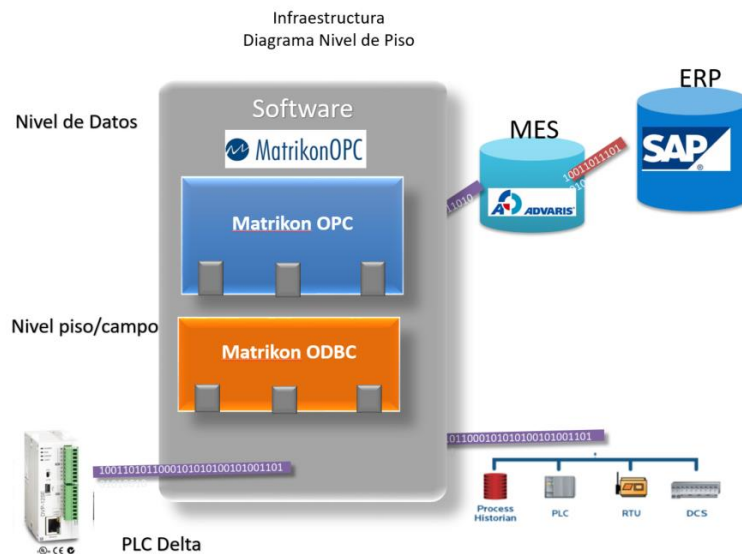
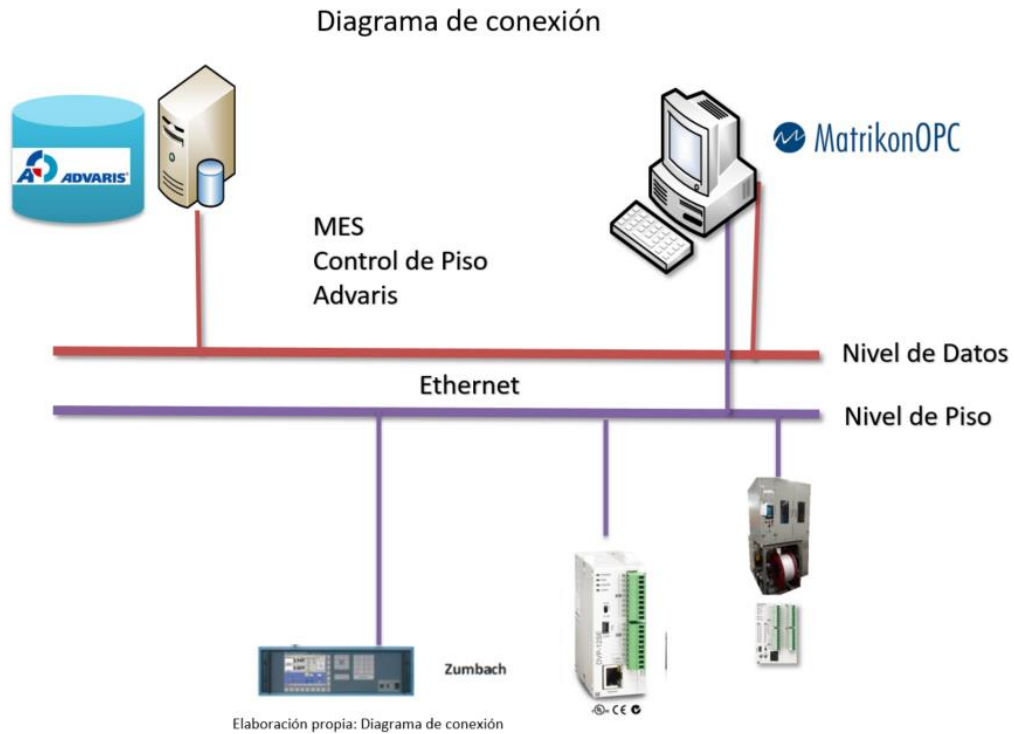


Ilustración 15. Modelo conceptual de la integración del Servidor OPC.
Fuente: Elaboración propia.

Este modelo esquemático representa una de las partes más importantes de este trabajo de investigación, muestra la forma en que se realizará la integración de la información que se obtendrá desde los controladores lógicos programables, (*PLC*) por sus siglas en inglés *PLC* (“*Programmable Logic Controller*”) los cuales se instalan en las máquinas y equipos de proceso para obtener información directamente de la fuente primaria y de manera automática.

La adquisición de datos automáticos se realiza mediante la incorporación de un PLC a cada máquina de proceso para poder obtener los datos en tiempo real y de manera automática, sin intervención del elemento humano, la *Ilustración 16. Integración y diagramas de conexión de los dispositivos para lograr la adquisición de datos.* muestra el diagrama de conexión y de integración a la red corporativa para poder escalar los datos y que estos puedan ser tomados por las aplicaciones tanto del nivel MES-ADVARIS como por el ERP-SAP y que los datos de piso pueden ser aprovechados por los niveles de gestión y niveles gerenciales cuando lo requieran.



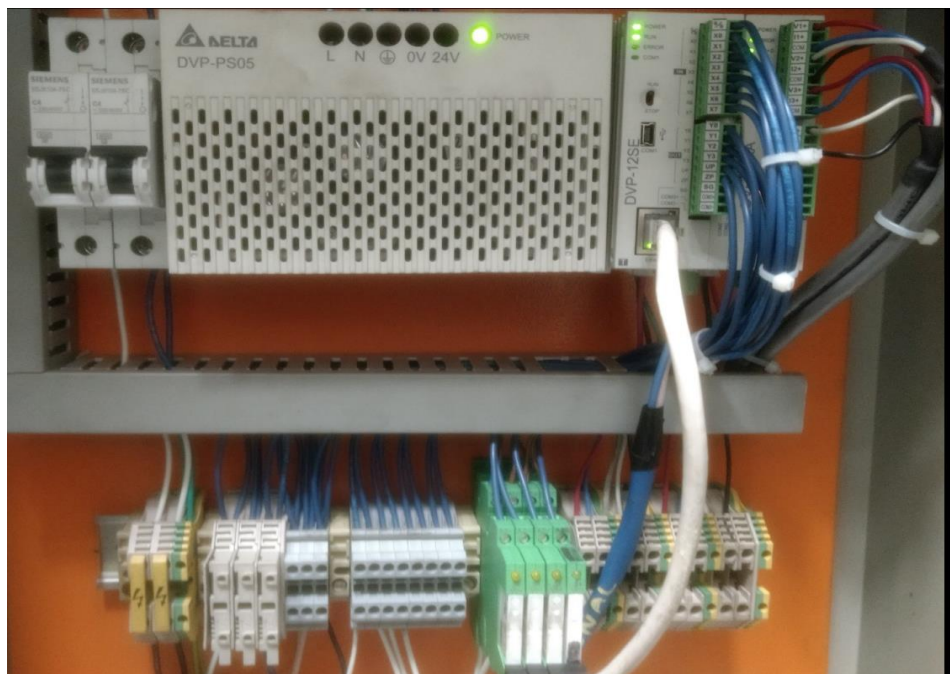
*Ilustración 16 Integración y diagramas de conexión de los dispositivos.
Fuente: Elaboración propia.*

Este nivel de integración representa una importante mejora e innovación dentro de la empresa pues permite el acceso a la información de nivel de piso desde cualquier punto de la red corporativa y permite tomar decisiones rápidas y asertivas basadas en datos obtenidos en tiempo real.

Este parece apenas un pequeño paso hacia la industria conectada, pero la realidad es que la industria 4.0 es un proceso de cambio paulatino en el que las empresas van adoptando e integrando elementos conforme se van liberando los recursos. Para estos procesos los recursos necesarios son muchos, pero el inicio debe de venir de algún punto y en este caso invertir en la parte estructural de las comunicaciones y la integración de sistemas representa un muy buen comienzo ya que representa el detonante y una de las bases tecnológicas más importantes para integrar nuevos proyectos de inversión.

La ilustración 17. Integración de PLC “DELTA®” para la obtención de variables, muestra un ejemplo del PCL instalado en la máquina prototipo, “Máquina NOKIA”. Este PLC se pretende instalar en todas las maquinas productivas de la empresa para la obtención de datos directamente de su origen y escalarlos a través de la red industrial a todos los puntos de la red corporativa, donde puedan servir de bases de información para promover mejoras en los procesos productivos, tomar decisiones importantes y acercar la planta a los administradores.

Este trabajo de integración realizado en la maquina prototipo sirvió de base para probar las interfaces de comunicación y realizar la configuración inicial de los equipos, también sirvió para definir un modelo base a la parte técnica y de mantenimiento, ayudó a definir los diagramas de conexión y los puntos más adecuados para obtener las señales digitales o análogas necesarias en las máquinas productivas, las pruebas de conversiones de datos que se envían a los servidores se realizaron en este prototipo y posteriormente fueron replicadas a otras máquinas para obtener información útil en el modelo de comunicación.



*Ilustración 17. Integración de PLC “DELTA®” para la obtención de variables de procesos.
Fuente: Elaboración propia.*

3.2.5. Equipos de cómputo de escritorio y estaciones de captura

Las estaciones de captura definidas en Planta están distribuidas de manera que el operador tenga lo más cercano posible a su área de trabajo todos los elementos necesarios para la retroalimentación de los sistemas destinados a la operación, estas estaciones incluyen los siguientes elementos:

Una computadora de escritorio, una impresora y pistola de código de barras, así como los accesorios necesarios para la operación (cargadores, baterías de repuesto, etc.) *La Ilustración 18. Equipos en la estación de trabajo muestra los equipos que se instalaron en cada estación de trabajo, para facilitar la operación y poder hacer la recolección de información y etiquetado de los productos.*



*Ilustración 18. Equipos en la estación de trabajo.
Fuente: Elaboración propia.*

3.3. La Implementación y despliegue del Modelo

En esta etapa se detalla la implementación y despliegue del modelo presentando en la *Ilustración 3. Modelo de Integración de Sistemas en empresas dedicadas a la fabricación de cables*. Así mismo se contempla la integración del modelo en las áreas productivas para automatizar la retroalimentación de los procesos, haciendo uso de la infraestructura creada para lo cual se consideran los siguientes aspectos:

1. Integración de los dispositivos de etiquetado en los procesos.
2. Integración de los dispositivos de recolección (pistolas de códigos de barras).
3. Integración de los dispositivos de recolección automática (PLC's).
4. Capacitación en uso de Equipos.
5. Validación de entrega de variables definidas.
6. Replicación del Modelo.

3.3.1 Integración de los dispositivos de etiquetado de los procesos.

Para la integración de los equipos de etiquetado se tomó en consideración los volúmenes requeridos de etiquetas según el proceso productivo y el tipo de aplicación de la etiqueta (uso interior, uso exterior) para poder hacer la selección de los equipos más adecuados.

Se seleccionaron 2 modelos para dar solución a este requerimiento, mismos que son representados en *la Ilustración 19. Integración de impresoras de códigos de barras modelos seleccionados*. Estos equipos forman parte de la estación de captura e impresión que tendrá a su disposición el operador para facilitar sus tareas de identificación de producto y contribuirá a mejorar la rastreabilidad de los productos, en conjunto con las pistolas de código de barras liberan a los operadores de tiempo valioso para dedicarse a la producción y atender aspectos más importantes relacionados con la calidad de los productos.

Modelo: PM43A1400000201
Para altos volúmenes de etiquetado.

Thermal transfer Printer, 203 dpi, Touch Screen Display. Wi-Fi (802.11a/b/g), Serial, USB Interfaces

Modelo: PD43A03300010201
Para volúmenes moderados.

Thermal transfer Printer, 203 dpi, Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, and USB Interfaces



*Ilustración 19. Integración de impresoras de códigos de barras modelos seleccionados.
Fuente: Página Oficial del proveedor. <https://www.logiscenter.com/marcas/honeywell/>*

3.3.2. Integración de los dispositivos de recolección (pistolas de códigos de barras).

Para la integración de los equipos de recolección de datos mediante pistolas de códigos de barras se evaluaron diferentes modelos considerando para ello los costos del equipo, los costos asociados, de mantenimiento, de aplicaciones o emuladores en el ERP, las diferentes marcas y modelos existentes, así como la robustez de uso en ambientes industriales.

Toda esta evaluación llevo a la selección del modelo CK71AA6MC00W1400 de pistola de código de barras, la cual se muestra en la *Ilustración 20. Integración de pistolas de códigos de barras (dispositivos de recolección)*.



Ilustración 20. Integración de pistolas de códigos de barras (dispositivos de recolección).
Fuente: Página Oficial del proveedor. <https://www.logiscenter.com/marcas/honeywell/>

- a) Validación de integración a los sistemas (SAP-ADVARIS). Esta validación se realiza con la conexión del emulador de la pistola de código de barras a la interfaz del ERP SAP de tal manera que permita comprobar el correcto ingreso de valores leídos mediante el escaneo de las etiquetas de código de barras a las interfaces del ERP.

3.3.3. Integración de los dispositivos de recolección automática (PLC's)

Esta tarea contempla 4 niveles de integración de los equipos productivos dependiendo de la complejidad y automatización de las máquinas de cada proceso; estos niveles están definidos en la *Ilustración 21. Niveles de integración según el número de variables a obtener de cada equipo*.

Lo anterior hace referencia a que se contará con equipos en los cuales únicamente se estará leyendo una variable, en este caso las cantidades producidas que corresponde a la Opción A de la *Ilustración 21. Niveles de integración según el número de variables obtenidas de cada equipo*, y equipos en los cuales podemos obtener una gran cantidad de datos y variables que es el caso de la opción D.

Grados de Integración

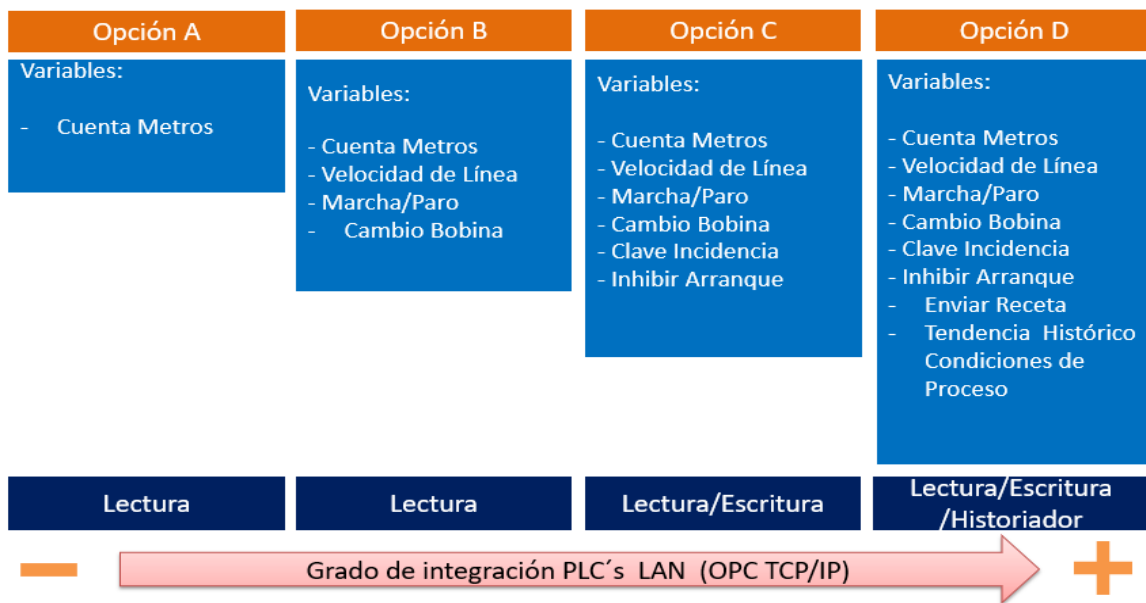


Ilustración 21. Niveles de integración según el número de variables obtenidas de cada equipo.
 Fuente: Elaboración Propia.

La automatización obtenida con la integración de los PLCs nos permitirá obtener diferentes niveles de información, según el número de variables que se integren en

cada máquina, de esta manera, en la Ilustración 22. Valores y mediciones que se obtienen de las variables obtenidas de cada equipo.

Con estas mediciones se obtienen indicadores que van desde el seguimiento de cantidades de producción que corresponde a la opción A, hasta indicadores más complejos como la trazabilidad de los productos, la gestión de calidad y el monitoreo de procesos que se representa en esta ilustración como la opción D.

¿Que puedo Obtener?

Opción A	Opción B	Opción C	Opción D
Programación detallada de la Planta.	Programación detallada de la Planta.	Programación detallada de la Planta.	Programación detallada de la Planta.
	OEE	OEE	OEE
		Seguimiento en tiempo real de OT-OV	Seguimiento en tiempo real de OT-OV
		Trazabilidad de Producto	Trazabilidad de Producto
		Gestión de Calidad	Gestión de Calidad
			Monitoreo de Proceso

Ilustración 22 Niveles de integración según el número de variables obtenidas de cada equipo.
Fuente: Elaboración propia.

Capacitación en uso de equipos, impresoras y pistolas de código de barras.

Para un mejor uso y aprovechamiento de los equipos instalados se consideran las necesidades de capacitación sobre su funcionamiento.

Se considera un taller para Instalación, configuración y pruebas de los equipos (impresoras, y pistolas de códigos de barras) con usuarios clave de cada proceso,

dirigido a personal de las áreas de sistemas y mantenimiento de la empresa (curso impartido por el proveedor de los equipos).

Capacitación del personal técnico y operativo en 2 niveles:

Nivel Técnico (configuración, instalación y puesta a punto de las impresoras y pistolas de código de barras, mantenimiento preventivo y cuidados especiales)

Nivel Operador (Uso y cuidado de las impresoras de código de barras, solución de problemas típicos)

3.3.4. Validación de entrega de Variables (SAP/ADVARIS)

Para la validación de variables se creó un área piloto con una de las máquinas con mayor cantidad de variables a monitorear, mostrada en la *Ilustración 23. Resultados de obtención de datos de variables de proceso en tiempo real* (área piloto). Esta instalación nos permite interactuar con el PLC de la máquina y obtener variables críticas para nuestro proceso como son: las cantidades de producción, la velocidad del equipo, el estatus de la máquina (máquina operando, máquina parada, máquina en mantenimiento, entre otros).

Este monitoreo se puede realizar de forma local por parte del operador, o bien en forma remota mediante la aplicación web que permite visualizar las variables en tiempo real desde cualquier punto de la red corporativa. *Ilustración 24. Ejemplo de monitoreo en tiempo real de variables obtenidas por el PLC.*

Esta sencilla ilustración muestra el potencial de la aplicación, los datos obtenidos son integrados a otras aplicaciones para obtención de los indicadores que la empresa necesita, como ejemplo se puede mencionar la obtención de las cantidades de

producción, los niveles de productividad, disponibilidad operacional de los equipos, y la identificación estatus de los equipos.



Ilustración 23. Resultados de obtención de datos de variables de proceso en tiempo real.

Fuente: Elaboración propia.

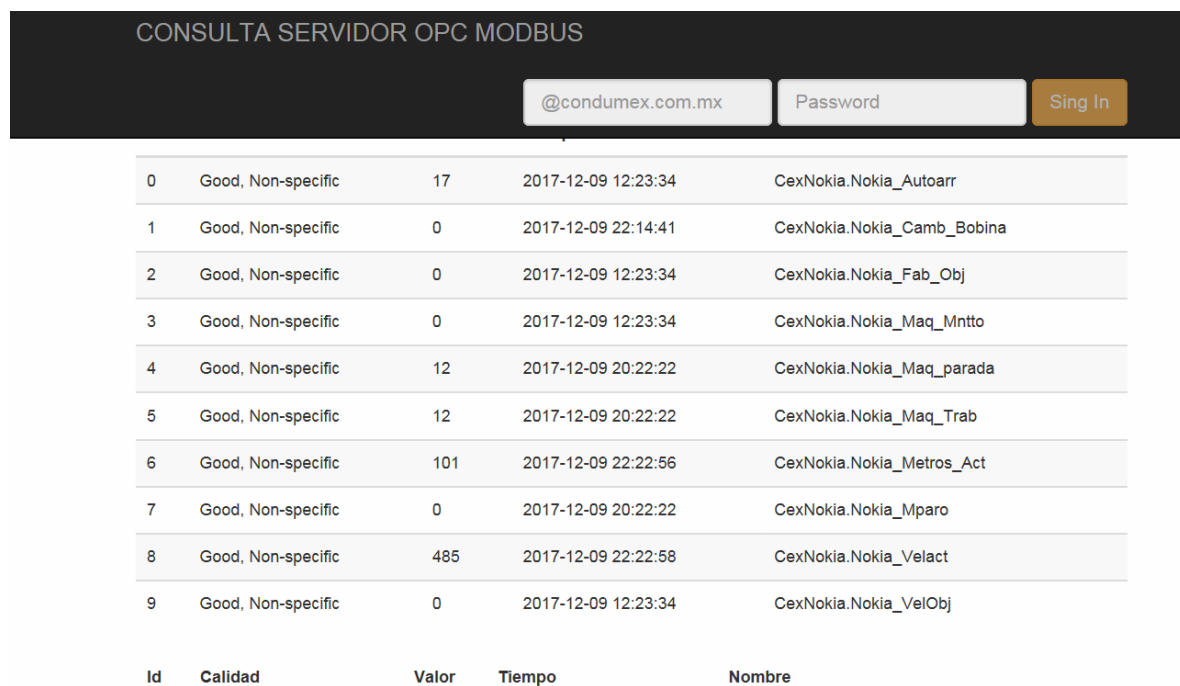


Ilustración 24. Ejemplo de monitoreo en tiempo real de variables obtenidas por el PLC.

Fuente: Elaboración propia.

Con la obtención de los datos del PLC se generan gráficos históricos de algunas de las variables, las cuales por conveniencia operativa se reinician todos los días a la 01:00 am.

Esta información está disponible en un ambiente web para cualquier persona que tenga acceso a la red de la empresa. *Ilustración 25. Gráficos históricos de monitoreo en tiempo real de variables obtenidas por el PLC.* Por lo que es una herramienta muy útil para conocer el comportamiento de las maquinas productivas durante las jornadas de trabajo.

Los datos obtenidos de los PLC son almacenados en las bases de datos de los servidores y junto con los datos obtenidos en las estaciones de captura, son ingresados por los operadores ya sea de forma manual o por medio de las pistolas de código de barras para obtener diferentes indicadores que la empresa necesita.



Ilustración 25. Gráficos históricos de monitoreo en tiempo real de variables obtenidas por el PLC.

Fuente: Elaboración propia

Con la obtención de estos datos generados por los PLC's se puede validar el funcionamiento del modelo en los siguientes puntos:

La correcta instalación y configuración del servidor OPC (Servidor de obtención de datos). Su funcionamiento es validado con la obtención de variables y el despliegue visual en el monitor del operador y en la aplicación web.

La correcta instalación y configuración de la base de datos para almacenamiento de información generada y las cargas transaccionales entre los diferentes sistemas (SAP-ADVARIS). Instrumento set de pruebas en la base de datos, su validación se realiza mediante la obtención de datos y el despliegue de información en la interfaz gráfica del servidor.

El correcto funcionamiento de la infraestructura creada (red industrial), Instrumento. Lista de chequeo de puntos de conexión. Su validación se realiza mediante la correcta comunicación y despliegue de datos de las variables del proceso.

La correcta configuración de los PLC y la interconexión con el servidor de obtención de datos (OPC Server). Se valida con la obtención de variables y su registro en la base de datos.

La validación y obtención de las variables de proceso su validación se realiza mediante la conversión de datos y unidades y su despliegue en la interfaz de operación o bien en la aplicación WEB.

La validación de la ingeniería necesaria en cada máquina para lograr la obtención de cada una de las señales requeridas según las variables definidas en cada equipo. Se valida con el correcto funcionamiento de los equipos y la obtención y despliegue de datos.

La validación de los costos de integración necesarios en cada máquina; representa los costos de cableados, instalación de PLC, obtención de señales de cada instrumento, conversión de señales digitales, configuración de equipos y entrega de variables al servidor OPC, según el nivel de integración de variables de cada caso descrito en la *Ilustración 17. Niveles de integración según el número de variables obtenidas de cada equipo.*

3.3.5. Replicación del área piloto a todos los equipos considerados en el proyecto.

Una vez validada la correcta operación de la máquina piloto en cuanto a que todas las señales sean configuradas y capturadas por el Servidor OPC y que se realice la conversión de datos y unidades, así como el envío y almacenamiento en la base de datos según las reglas de registro definidas (cada que exista algún cambio de estado, por ejemplo, un paro de máquina, un cambio de bobina, cambio de producto, mantenimiento, entre otros) se continua con la replicación a los demás equipos considerados en el proyecto.

Considerando que la maquina piloto es una de las máquinas con mayor número de variables, con ello se cubren la mayoría de las posibilidades de integración en el universo de máquinas existentes en la planta.

Otra característica contemplada en la integración fue incorporar al sistema de paro y arranque de la máquina, una condición de inhibir el arranque de maquina después de un paro, hasta que el operador clasifique la causa del paro de forma obligatoria. Esta clasificación y estratificación de causas de paro permite la generación en forma general y a detalle de uno de los indicadores más importantes del proceso, la disponibilidad operacional.

En relación con los resultados obtenidos con el área piloto, estos se consideran satisfactorios, ya que se cubren todos los puntos requeridos y se pueden resumir en la obtención de datos de cada una de las variables definidas. *La Ilustración 23. Resultados de obtención de datos de variables de proceso en tiempo real (área piloto)* y la *Ilustración 24. Ejemplo de monitoreo en tiempo real* de variables obtenidas por el PLC dan cuenta de ello.

La replicación del modelo se lleva a cabo con éxito en diferentes máquinas y diferentes procesos. *La Ilustración 26. Obtención de variables en 2 equipos de proceso replicación del modelo*, da cuenta de dicha replicación del modelo. Este proceso se está llevando a cabo en todos los equipos de las diferentes áreas de negocio incluidos en la *Ilustración 27. Matriz de equipos a integrar en el modelo* para lo cual ya se tienen contemplado los recursos tanto de materiales, ingeniería e integración en el servidor de adquisición de datos.

Saturday 9th of December 2017 11:13:33 PM

Id	Calidad	Valor	Tiempo	Nombre
0	Good, Non-specific	17	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Autoarr
1	Good, Non-specific	0	2017-12-09 22:55:22	CexNokia.Nokia_Camb_Bobina
2	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Fab_Obj
3	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Maq_Mntto
4	Good, Non-specific	12	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Maq_parada
5	Good, Non-specific	12	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Maq_Trab
6	Good, Non-specific	349	2017-12-09 23:13:28	CexNokia.Nokia_Metros_Act
7	Good, Non-specific	0	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Mparo
8	Good, Non-specific	483	2017-12-09 23:13:31	CexNokia.Nokia_Velact
9	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_VelObj

Id	Calidad	Valor	Tiempo	Nombre
10	Good, Non-specific	17	2017-12-08 18:43:22	ESTIRADORA F-13.F-13_Autoarr
11	Good, Non-specific	0	2017-12-08 18:43:22	ESTIRADORA F-13.F-13_Cam_Bobina
12	Good, Non-specific	0	2017-12-08 18:43:22	ESTIRADORA F-13.F-13_FabObj
13	Good, Non-specific	0	2017-12-08 18:43:22	ESTIRADORA F-13.F-13_Maq_Parada
14	Good, Non-specific	0	2017-12-09 22:50:13	ESTIRADORA F-13.F-13_Maq_Trab
15	Good, Non-specific	0	2017-12-08 18:43:22	ESTIRADORA F-13.F-13_MaqMtto
16	Good, Non-specific	503	2017-12-09 22:49:59	ESTIRADORA F-13.F-13_Metros_Act
17	Good, Non-specific	13	2017-12-09 22:50:13	ESTIRADORA F-13.F-13_MParo
18	Good, Non-specific	0	2017-12-08 18:43:22	ESTIRADORA F-13.F-13_VelAct
19	Good, Non-specific	0	2017-12-08 18:43:22	ESTIRADORA F-13.F-13_VelObj

Ilustración 26. Obtención de variables en 2 equipos de proceso replicación del modelo.

Fuente: Elaboración propia.

PLANTA	CODIGO MAQ	CCOSTOS	DESCRIPCION MAQ	DESCRIPCIÓN DE MAQUINA	DOC COMUNICACION	Nodos Requeridos					nodos	SITE- SW	IP
						RED IMPRESORA	IP IMP	RED PC	IP/NOMBRE	RED PLC			
COMERCIALES	CTPM3001	00106	M30-1	ESTIRADORA M30-01	1	1	10.50.34.13	1		1	7	COBRE-1B	10.50.34.103
COMERCIALES	CTPM3002	00106	M30-2	ESTIRADORA M30-02						1		COBRE-1B	10.50.34.104
COMERCIALES	CTSM1501	00106	M15-1	ESTIRADORA M15		1	COBRE-1B	10.50.34.105					
COMERCIALES	CTSC1301	00106	C13	ESTIRADORA C13-4		1	COBRE-1B	10.50.34.106					
COMERCIALES	CTSHEN01	00129	HENRICH	ESTIRADORA HENRICH EMULT 3	1	1	10.50.34.15	1	1	3	COBRE-1B	10.50.34.107	
COMERCIALES	CTSSAM14	00105	SAMP-14	ESTIRADORA SAMP-14	1	1	10.50.34.16	1	1	3	CABCO-2B	10.50.34.108	
COMERCIALES	CBOLES01	00131	LESMS08 800-1	BONCHADORA LESMS08 800-1	1	1	10.50.34.17	1		1	5	CABCO-2B	10.50.34.109
COMERCIALES	CBOLES02	00131	LESMS08 800-2	BONCHADORA LESMS08 800-2						1		CABCO-2B	10.50.34.110
COMERCIALES	CBOLES03	00132	LESMS08 800-3	BONCHADORA LESMS08 800-3						1		CABCO-2B	10.50.34.111
COMERCIALES	CBOLES04	00133	LESMS08 800-4	BONCHADORA LESMS08 800-4						1		CABCO-2B	10.50.34.112
COMERCIALES	CBOLES05	00134	LESMS08 630-5	BONCHADORA LESMS08 630-5	1	1	10.50.34.18	1		1	8	CABCO-2B	10.50.34.113
COMERCIALES	CBOLES06	00135	LESMS08 630-6	BONCHADORA LESMS08 630-6						1		CABCO-2B	10.50.34.114
COMERCIALES	CBOLES07	00136	LESMS08 630-7	BONCHADORA LESMS08 630-7						1		CABCO-2B	10.50.34.115
COMERCIALES	CBOLES08	00137	LESMS08 630-8	BONCHADORA LESMS08 630-8						1		CABCO-2B	10.50.34.116
COMERCIALES	CBOLES09	00138	LESMS08 630-9	BONCHADORA LESMS08 630-9						1		CABCO-2B	10.50.34.117
COMERCIALES	CBOLES10	00139	LESMS08 630-10	BONCHADORA LESMS08 630-10						1		CABCO-2B	10.50.34.118
COMERCIALES	CCATU701	00109	TUBULAR 7	CABLEADORA TUBULAR T-7	1	1	10.50.34.19	1	1	3	CABCO-2B	10.50.34.119	
COMERCIALES	CCABL601	00135	CABALLE 1600	CABLEADORA CABALLE 1600	1	1	10.50.34.20	1	1	3	CABCO-2B	10.50.34.120	
COMERCIALES	CCARIB01	00108	RIBA-54	CABLEADORA RIBA 54	1	1	10.50.34.21	1	1	2	CABCO-2B	10.50.34.121	
COMERCIALES	CCUPEX01	00123	LINEA PEX	EXTRUSORA LINEA PEX TRIPLE EXTRA	1	1	10.50.34.22	1	1	2	CUCOM-2B	10.50.34.122	
COMERCIALES	CCUE4501	00124	4.5-1	EXTRUSORA 4 12-1	1	1	10.50.34.23	1	1	2	CUCOM-2B	10.50.34.123	
COMERCIALES	CCUE4502	00112	4.5-2	EXTRUSORA 4 12-2	1	1	10.50.34.24	1	1	1	CUCOM-2B	10.50.34.124	
COMERCIALES	CCACOOK1	00120	COOK	CABLEADORA COOK	1	1	10.50.34.25	1		1	4	CUCOM-2B	10.50.34.125
COMERCIALES	CCAED481	00120	ED-48	CABLEADORA ED EDMANS-48						1		CUCOM-2B	10.50.34.126
COMERCIALES	CCAPOURI	00119	POURTIER	CABLEADORA POURTIER 01	1	1	10.50.34.26	1	1	2	CUCOM-2B	10.50.34.163	
COMERCIALES	CEXNOKIA	00128	NOKIA	EXTRUSORA MULTIPLE NOKIA 4.5	1	1	10.50.34.27	1	1	2	CUCOM-2B	10.50.34.127	
COMERCIALES	CEX100MM	00124	100 mm	EXTRUSORA 100 MM	1	1	10.50.34.28	1	1	2	CUCOM-2B	10.50.34.128	
COMERCIALES	CEX35201	00114	3.5-2	EXTRUSORA 3 12-2	1	1	10.50.34.29	1	1	2	CUCOM-2B	10.50.34.129	
COMERCIALES	CCUEXT61	00113	6"-1	EXTRUSORA 6.1	1	1	10.50.34.30	1	1	2	CUCOM-2B	10.50.34.130	
COMERCIALES	CENGAR01	00136	ENGARGOLADORA 1	ENGARGOLADORA-01	1	1	10.50.34.31	1	1		CORTA-2B	10.50.34.131	

Ilustración 27. Matriz de equipos a integrar en el modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Otra manera en que se está representando el éxito en la replicación del modelo en diferentes máquinas y diferentes procesos se visualiza en la Ilustración 28. Bloque de máquinas en monitoreo implementación-tiempo real, esta ilustración muestra un grupo considerable de máquinas que ya están integradas al modelo y están generando datos de su funcionamiento en tiempo real.

Como ejemplo, se puede mencionar que todas las que reflejan un color verde están en estatus de operación “Trabajando” y se muestra su velocidad de trabajo y en algunos casos, el producto que están fabricando. Las máquinas que se visualizan en un color crema tienen un estatus de “Paro” ya sea por alguna condición de preparación, cambio de producto, o bien Mantenimiento como es el caso de la máquina “C13-4” que indica paro por mantenimiento.

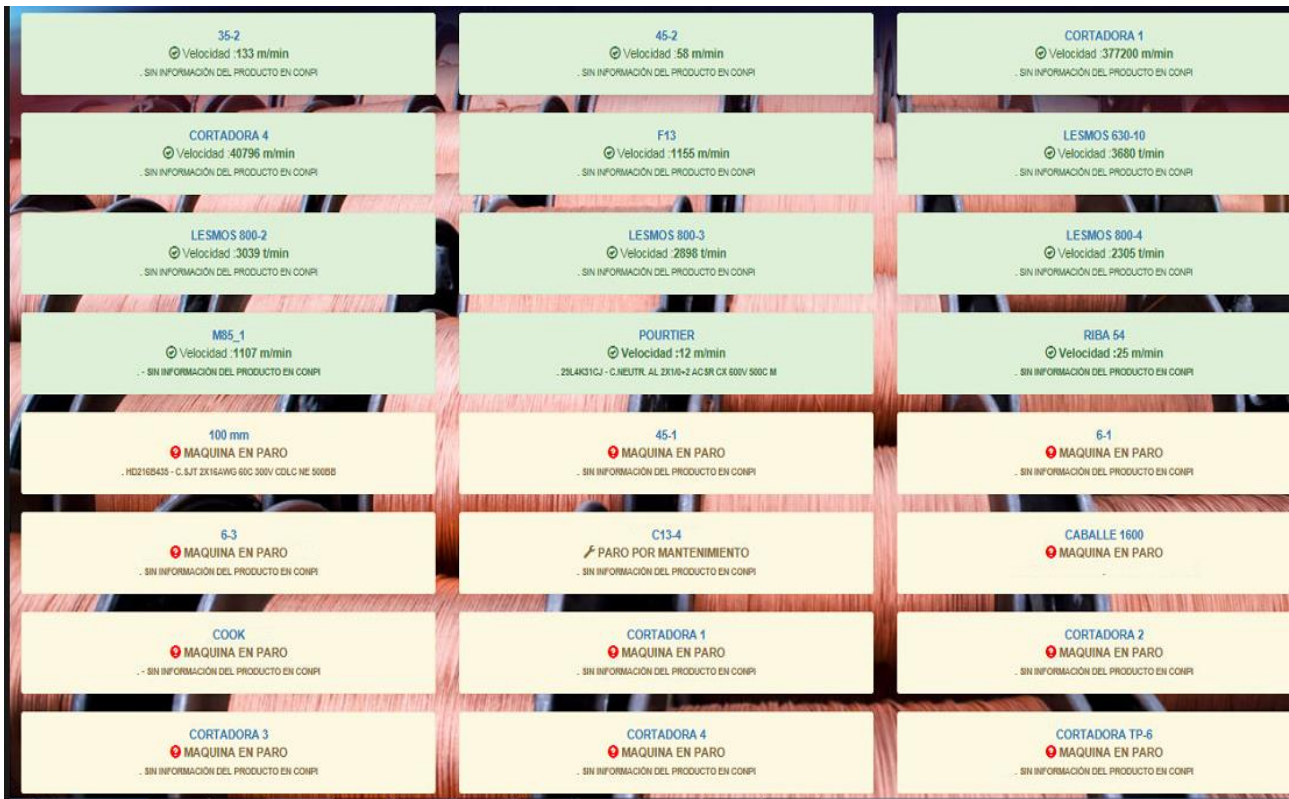


Ilustración 28. Bloque de máquinas en monitoreo implementación-tiempo real.

Fuente: Elaboración propia.

De inicio, esta visualización del modelo proporciona información importante y da cuenta del estatus de la planta; el detalle de cada máquina se puede obtener señalando cada máquina para mostrar alguna de las variables que se están monitoreando. Como ejemplo tenemos la *Ilustración 29. Monitoreo de velocidad de maquina en un periodo de tiempo del día* de la “Máquina F13” en la que se puede visualizar el comportamiento de la variable de velocidad a la que la máquina ha trabajado desde la 01:00 am. hasta la hora que estamos desplegando la gráfica que en este caso es a las 19:00 horas del día.

En la gráfica se aprecian las velocidades a las que ha trabajado la máquina, faltando el dato de las 12:00 horas, lo cual indica un paro en la línea, asimismo se aprecia que después del arranque hay un incremento en la velocidad de trabajo, el cual se mantiene constante.

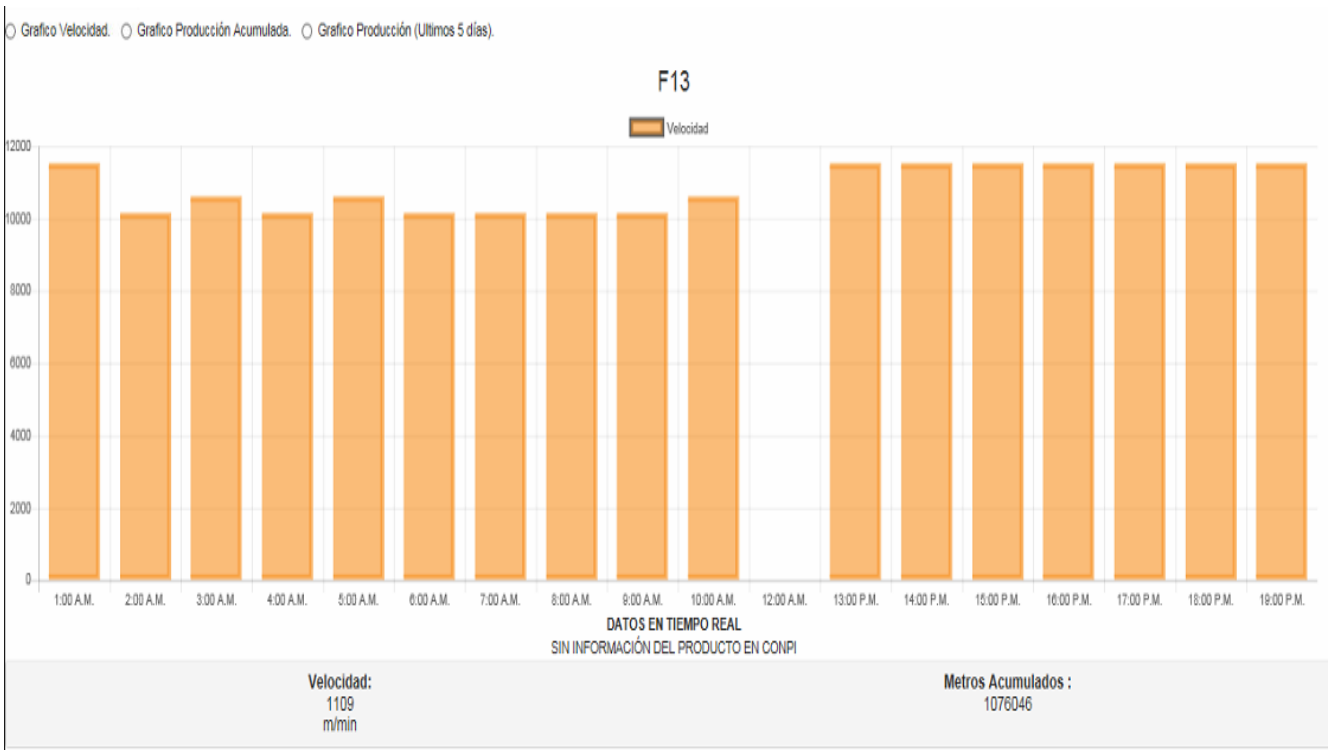


Ilustración 29. Monitoreo de velocidad de máquina en un periodo de tiempo del día.

Fuente: Elaboración propia.

Otro ejemplo de la visualización del detalle de una máquina es el mostrado en la *Ilustración 30. Monitoreo de variables de velocidad y producción*, en donde podemos apreciar en una jornada de trabajo de las 01:00 am. hasta las 14:00 pm el comportamiento de la máquina en 2 variables de velocidades, y cantidades de producción.

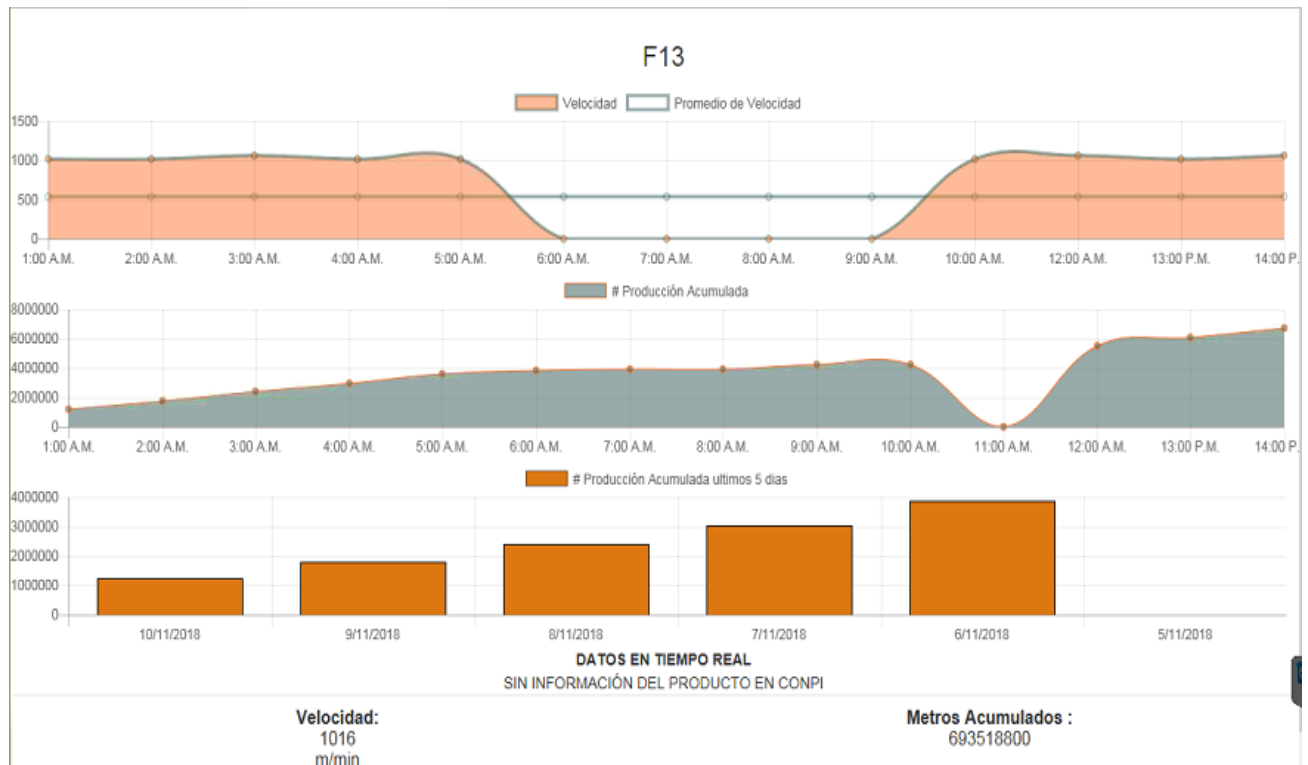


Ilustración 30. Monitoreo de variables de velocidad y producción.

Fuente: Gráficos de trabajo.

En este ejemplo podemos observar detalles importantes, como los incrementos de velocidad, los tiempos de paro de la máquina y su comportamiento en los últimos cinco días de trabajo. El análisis de esta información es útil para tomar decisiones en el momento y atender los problemas más inmediatos según las prioridades de fabricación y la disponibilidad de recursos de la organización.

CAPITULO 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis del impacto de la implementación del modelo

Esta etapa de la investigación se desarrolla con el objetivo de evaluar el impacto de la implementación del modelo dentro de la organización, entendiendo al impacto como los efectos, cambios y consecuencias de haberse puesto en funcionamiento el modelo, teniendo particular interés en conocer si se generan mejoras en los procesos productivos, ahorros de tiempo y disminución de cargas de trabajo en la operación.

4.1.1. Análisis de la implementación del etiquetado/recolección de la información con código de barras.

Las estaciones de trabajo de los operadores fueron equipadas con una computadora de escritorio, una impresora y pistola de código de barras, así como los accesorios necesarios para la operación (cargadores, baterías de repuesto, etc.) *La Ilustración 31. Equipos en la estación de trabajo*, muestra los equipos instalados en cada estación de trabajo, para facilitar la operación y poder hacer la recolección de información y etiquetado de los productos.



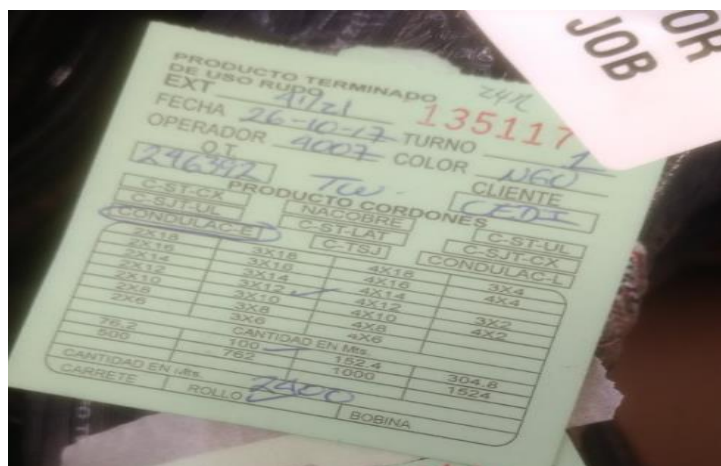
*Ilustración 31. Equipos en la estación de trabajo.
Fuente: Elaboración propia.*

Con la implementación de la nueva tecnología de etiquetado y recolección de la información mediante las pistolas de código de barras se obtienen los siguientes beneficios en la operación:

- ✓ La generación de las etiquetas es inmediata, así como el registro de la información que se hace es en tiempo real, eliminando con ello los tiempos y errores en la captura de la información, además de los problemas de interpretación. Por otra parte, las etiquetas permiten una mejor rastreabilidad de los productos, lo que antes era mucho más difícil hacer.

Como ejemplo de la mejora en los procesos con la incorporación de la tecnología de código de barras, se muestran los registros manuales que se llevaban en los procesos con formatos preimpresos mostrados en la *Ilustración 32. Tarjeta de identificación del producto* y la *Ilustración 33. Formato de registros de producción*.

Estos formatos son llenados en el primer caso, cada que sale un producto (carrete o bobina del proceso) en algunos procesos por las cantidades de empaque que el cliente solicita el número de etiquetas que se llenan puede llegar a ser hasta 100 etiquetas por turno y estas son elaboradas por duplicado ya que una se queda como identificación del producto y otra se toma para realizar los registros de reporte de producción.



*Ilustración 32. Tarjeta de identificación del producto.
Fuente: Elaboración propia.*



Ilustración 34. Etiquetas de identificación del producto.
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Análisis de la implementación de la red industrial.

La red industrial incluye la ampliación de la red administrativa existente en todas las áreas productivas, esto en proporción a la red existente, equivale a un 34 % más de nodos nuevos y un mejoramiento considerable en el desempeño de la red actual por medio de la actualización de los equipos troncales de comunicación de la empresa, sustituyendo el CORE o switch principal, con un equipo más moderno y de mayor características de administración, así como la adquisición de equipos necesarios para ampliar en 8 nuevos sitios remotos de interconexión con capacidad de 380 nuevos nodos cableados.

Los nuevos nodos son ocupados por los equipos para realizar la automatización de los procesos de recolección y procesamiento de la información y las estaciones de trabajo donde el operador realizará sus consultas y captura de información.

- ✓ Se logró el incremento en capacidad y cobertura de la red inalámbrica dentro de las áreas de producción de la empresa, al cambiar la infraestructura de Puntos de acceso (AP) a equipos de mayor capacidad de procesamiento y mayor velocidad, ejemplo de ello es la sustitución de los equipos antiguos que trabajan a una velocidad de 54 Mbps por equipos nuevos con velocidad de 1.3 Gbps 24 veces más rápido y mayor seguridad en la transmisión de información.

4.1.3. Análisis de la implementación de PLC integrados a los equipos de proceso.

Se creó un prototipo para la integración de los equipos de proceso a la red industrial, con el objetivo de la obtención de información directamente desde su origen. El nivel de integración se definió en la *Ilustración 13. Niveles de integración según el número de variables obtenidas de cada equipo*. Para esta integración se seleccionó un PLC marca “DELTA®” el cual es un autómata programable que permite la interacción con los dispositivos de la máquina productiva en este caso para la obtención de las variables del proceso.

Como ejemplo la velocidad de trabajo, los metros producidos, indicativos de estado de la máquina “máquina en operación” “máquina parada” o bien otras variables que nos permitan monitorear el funcionamiento de la máquina, en esta implementación se utiliza para el monitoreo de variables del proceso e incorporarlas a los niveles superiores, mediante un servidor de acceso a datos de proceso.

La ilustración 35. Integración de PLC “DELTA®” para la obtención de variables, muestra un ejemplo de la integración que se realizó en la máquina prototipo, “Máquina NOKIA”.



*Ilustración 35. Integración de PLC “DELTA®” para la obtención de variables de procesos.
Fuente: Elaboración propia.*

Esta etapa del proceso representó uno de los mayores retos, en la integración del modelo, es sin lugar a dudas el punto medular de cualquier integración de este tipo, principalmente porque requiere conocimiento especializado de la electrónica, y de programación de los autómatas en cada una de las máquinas productivas. La integración de tecnologías de diferentes épocas agrega dificultad a la hora de querer obtener los datos, principalmente en aquellas máquinas en las cuales no existe una automatización previa.

Se idearon mecanismos para obtener las señales como por ejemplo la velocidad, la condición de paro, la condición de arranque, la medición de cantidades de producción, por mencionar algunas. Cada nueva solución se va convirtiendo en una nueva experiencia que se integra al modelo de comunicación y sirve de punto de partida para el siguiente caso.

Este proceso es largo y por momentos parece que no da frutos, se requiere de mirar hacia afuera de la organización para encontrar las mejores prácticas existentes en el medio y de hacer equipo para lograr soluciones conjuntas con proveedores y especialistas en la materia. Es en este punto de la integración es donde se obtiene el valor al pago de soporte, las garantías extendidas y la asesoría externa; en algunos casos las soluciones son

limitadas, en otros existe todo un abanico de posibilidades y se requiere de encontrar las que mejor se adapten a nuestro proceso y a nuestras necesidades, es aquí donde el proyecto obtiene identidad propia.

4.1.4. Análisis de lectura de variables en el servidor OPC.

La Ilustración 36. Datos obtenidos por el PLC en máquina prototipo, muestra un ejemplo de las lecturas obtenida por el PLC, desplegadas en ambiente WEB y en tiempo real, siendo estas lecturas solo un ejemplo de lo datos que se pueden obtener de las máquinas productivas. La cantidad de variables a controlar depende de las necesidades de la organización, en este proyecto solo se están considerando de manera inicial las variables que se necesitan para la obtención de los principales indicadores de producción y algunos estados de la máquina para el sistema de semáforos sin ser esto limitante para que se puedan incorporar en otros proyectos más variables o puntos de control que pueden ser de interés para la compañía.

Id	Calidad	Valor	Tiempo	Nombre
0	Good, Non-specific	17	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Autoarr
1	Good, Non-specific	0	2017-12-09 22:14:41	CexNokia.Nokia_Camb_Bobina
2	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Fab_Obj
3	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Maq_Mntto
4	Good, Non-specific	12	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Maq_parada
5	Good, Non-specific	12	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Maq_Trab
6	Good, Non-specific	101	2017-12-09 22:22:56	CexNokia.Nokia_Metros_Act
7	Good, Non-specific	0	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Mparo
8	Good, Non-specific	485	2017-12-09 22:22:58	CexNokia.Nokia_Velact
9	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_VelObj

*Ilustración 36. Datos obtenidos por el PLC en máquina prototipo.
Fuente: Elaboración propia*

La Ilustración 37. Gráfico de datos obtenidos por el PLC en máquina prototipo en la cual se puede ver el comportamiento de la maquina ante un problema de procesabilidad del conductor de entrada, problema que debe ser atendido de manera inmediata con apoyo del proceso anterior (área de cableado desnudo).

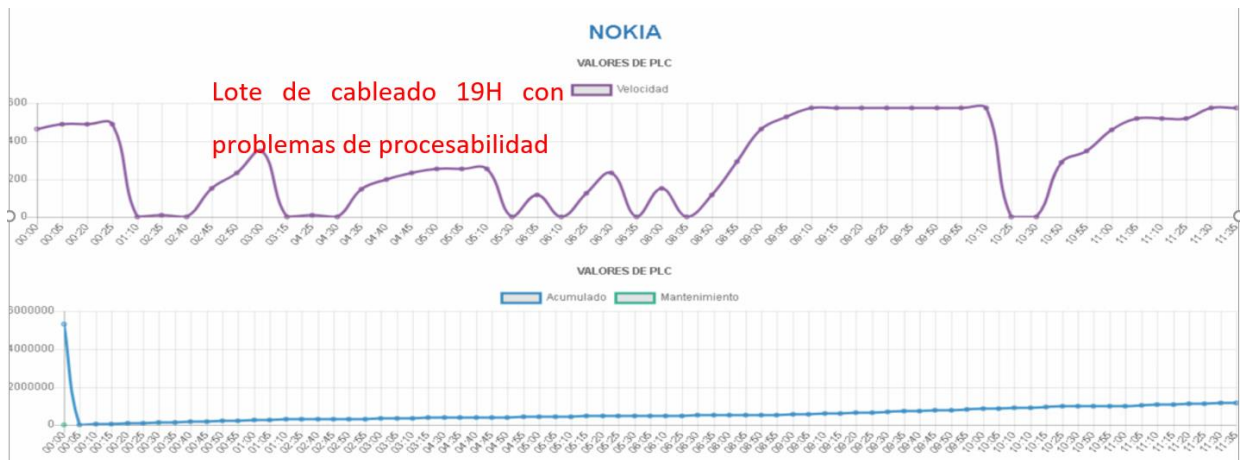


Ilustración 37. Gráfico de datos obtenidos por el PLC en máquina prototipo.
Fuente: Elaboración propia.

La Ilustración 38 Gráfico de datos de una corrida con un comportamiento típico de la máquina SAMP 14, en este grafico podemos apreciar claramente los ciclos de trabajo normales con sus respectivos paros por cambios de bobinas de recepción, su comportamiento es muy estable, cualquier situación fuera de este patrón de comportamiento representa problemas que deben ser atendidos de inmediato, ya que el subensamble que produce esta máquina es la alimentación de un grupo de seis máquinas de cableado por lo cual su monitoreo es crítico para mantener el balanceo de la línea de producción. La ilustración 39. Muestra el comportamiento de corrida de un extrusor de cubierta y producto final.

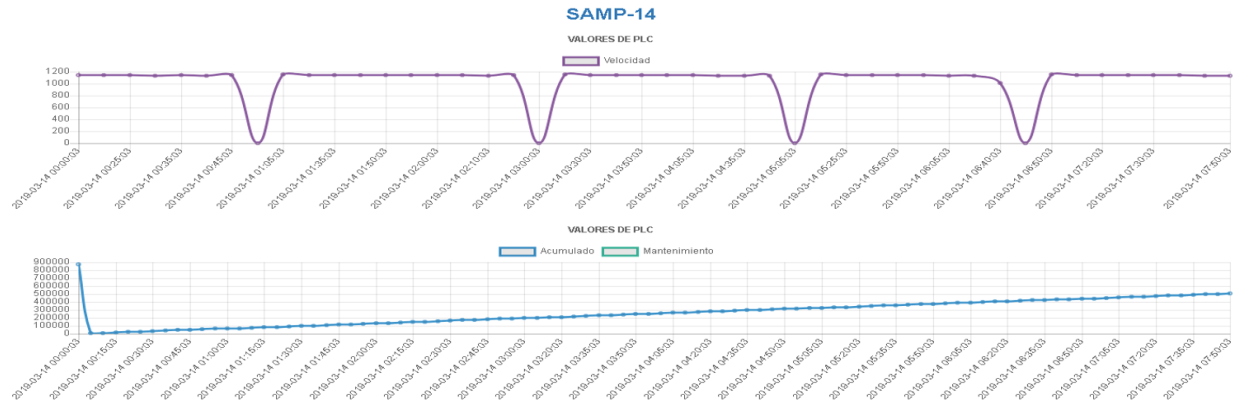


Ilustración 38. Gráfico de datos de una corrida normal de máquina SAMP 14.
Fuente: Elaboración propia.

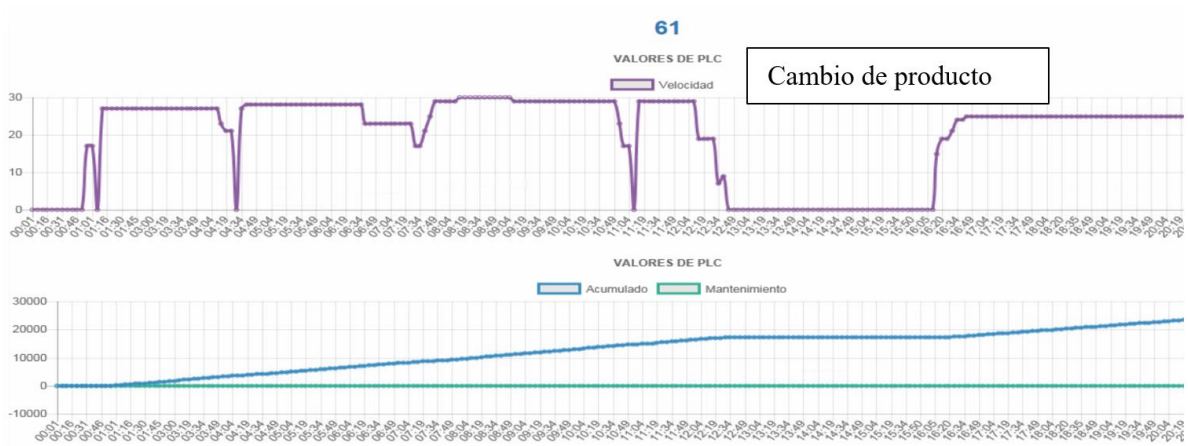


Ilustración 39. Gráfico de corrida de Extrusor 6 "I".
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Análisis de la replicación de la máquina prototipo.

La Ilustración 40 y 41. Datos obtenidos por los PLC, muestran diferentes grupos de máquina, que se han incorporado al modelo y cómo son monitoreadas desde cualquier equipo que tenga acceso a la red corporativa, mediante un navegador web. Este monitoreo en tiempo real permite tomar decisiones inmediatas e importantes en el proceso productivo, así como sustentar la gestión de recursos mediante la utilización de datos obtenidos en tiempo real.

Un solo vistazo al navegador permite darnos una idea clara de la situación en que se encuentra la planta, en cuanto a su disponibilidad operacional, sus problemas de

rendimiento operacional, los tiempos utilizados en realizar los cambios en el proceso, tiempos para retornar al trabajo normal después de una intervención, ya sea mantenimiento, ingeniería o cambios operacionales. Todo queda registrado de manera automática y la información está disponible al instante para ser analizada y tomar las medidas necesarias en vista a mejorar los procesos.

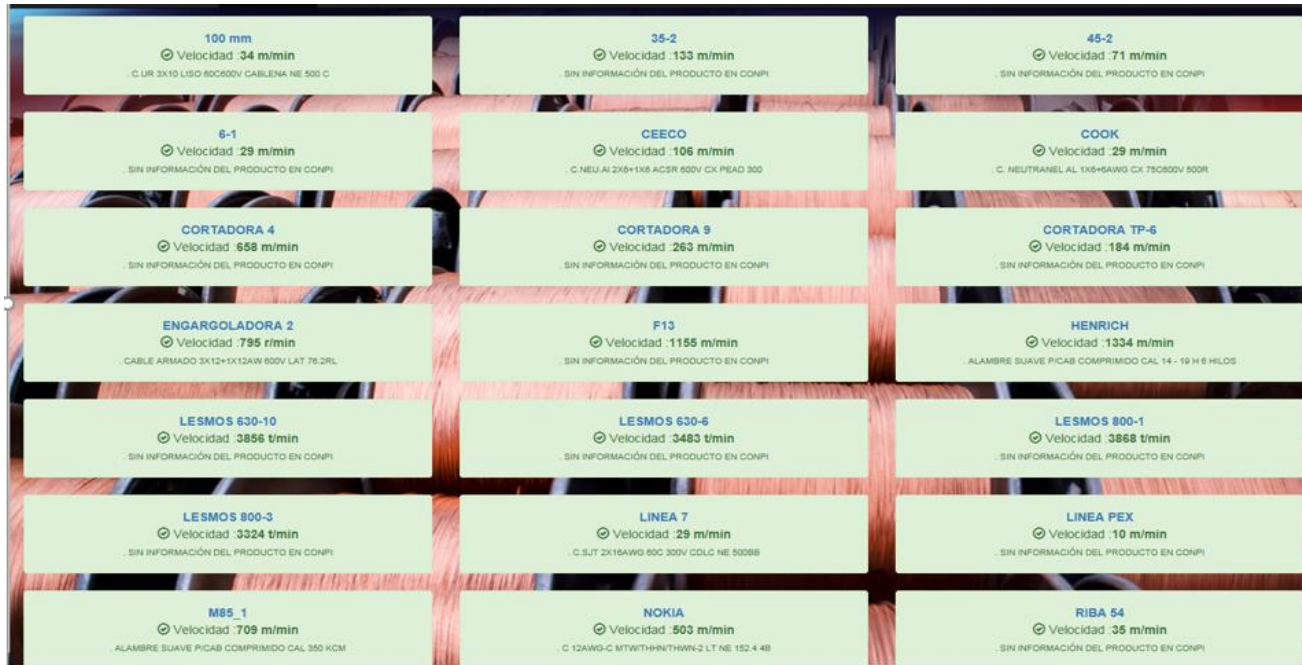
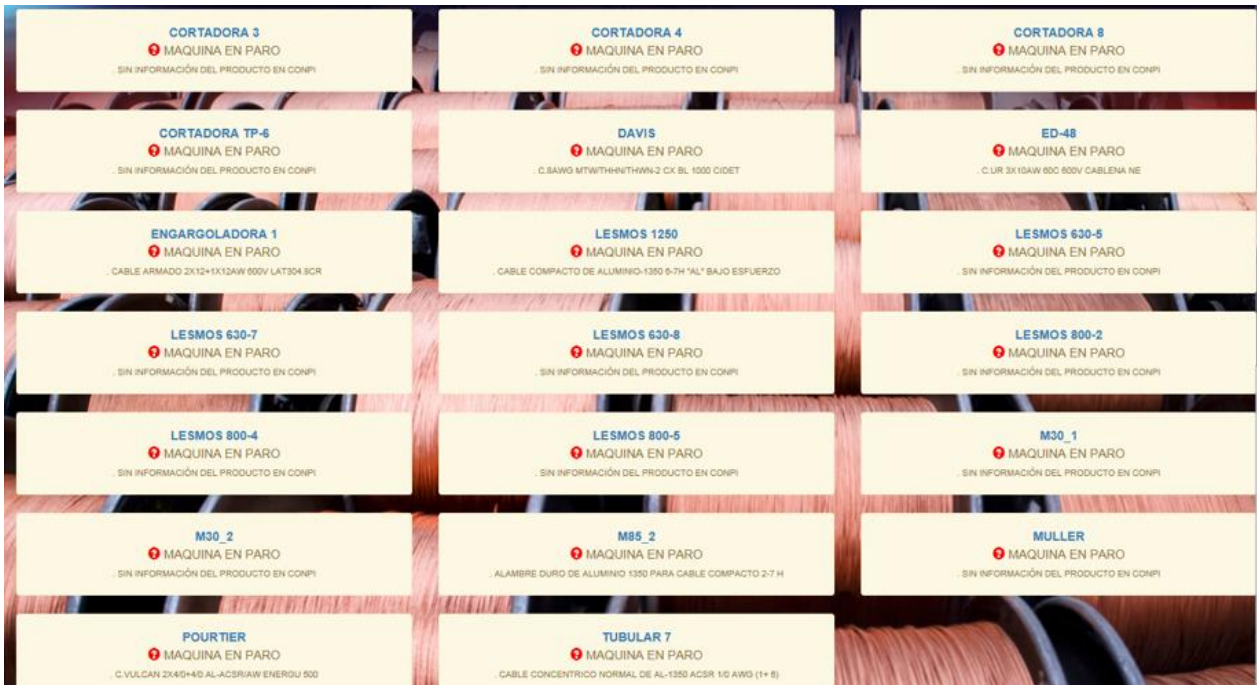


Ilustración 40. Datos obtenidos por los PLC máquinas trabajando
Fuente: Elaboración propia



*Ilustración 41 Datos obtenidos por los PLC máquinas en paro.
Fuente: Elaboración propia.*

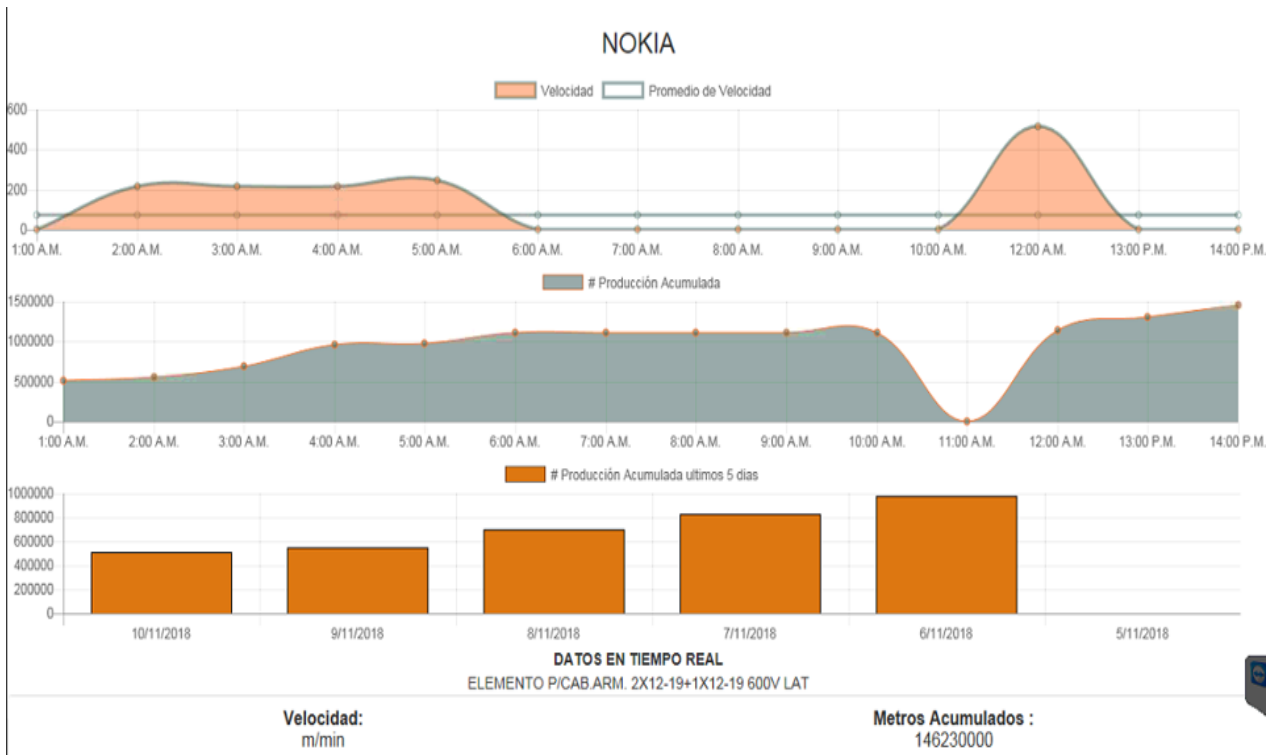
La Ilustración 42. Gráficos obtenidos por los PLC en máquina Nokia, muestra detalles específicos de una máquina seleccionada, ya sea porque presenta un estado de paro por operación o por mantenimiento; este nivel de detalle nos permite identificar problemas muy puntuales en la operación, ejemplo de ello en maquina NOKIA presenta un paro desde las 6:00 am hasta las 10:00 am. Dicho paro debe ser declarado por el operador y documentado con las causas específicas que justifiquen el tiempo improductivo de la máquina, en este caso indican un cuello de botella en el proceso, originado por el proceso inmediato (Falta de bobinas de recepción), debido a la falta de un empaque en el proceso de corte que detiene el proceso productivo.

En la situación anterior salta a la escena el incumplimiento de un proveedor de empaque que se retrasó en la entrega de un modelo especial de bobina (bobina 10/40/20) motivando un paro de 4 horas. Posterior a esto, el proceso se reanuda y termina corrida a las 13:00 horas, seguida de un cambio de producto.

Si se observa a detalle el gráfico también se puede observar un cambio en la velocidad de trabajo del tercer turno, previéndose el paro por su bajo ritmo de trabajo a una velocidad menor al estándar, destacando aquí que la herramienta de monitoreo revela en esta ocasión una mala práctica en la operación.

El exponer la velocidad real de trabajo permite hacer análisis de eficiencia y productividad, hacer comparaciones respecto a los estándares de fabricación y capacidades del proceso productivo, así como observar tendencias y hacer predicciones del comportamiento de la máquina.

Cada área de la empresa puede hacer uso de la información según su especialización, como por ejemplo, recursos humanos puede ver el comportamiento después de una capacitación, ingeniería le interesa lograr la habilidad y la estandarización del proceso, el área de mantenimiento por su parte le interesa detectar fallas en los equipos y minimizar los paros por mantenimientos correctivos, producción busca el mayor tiempo de utilización de los equipos y el apego a los estándares de trabajo, así como estandarizar las mejores prácticas de manera que todos los operadores trabajen a un mismo nivel.



*Ilustración 42. Gráficos obtenidos por los PLC en máquina Nokia.
Fuente: Elaboración propia.*

La Ilustración 43 y 44. Gráficos de datos obtenidos de los PLC. Ejemplos de los monitoreos de máquinas con situaciones que deben atenderse de inmediato para evitar que se rompa el ritmo de la producción, el personal de supervisión de planta debe estar muy atento a estas situaciones y tomar las acciones correctivas de inmediato.

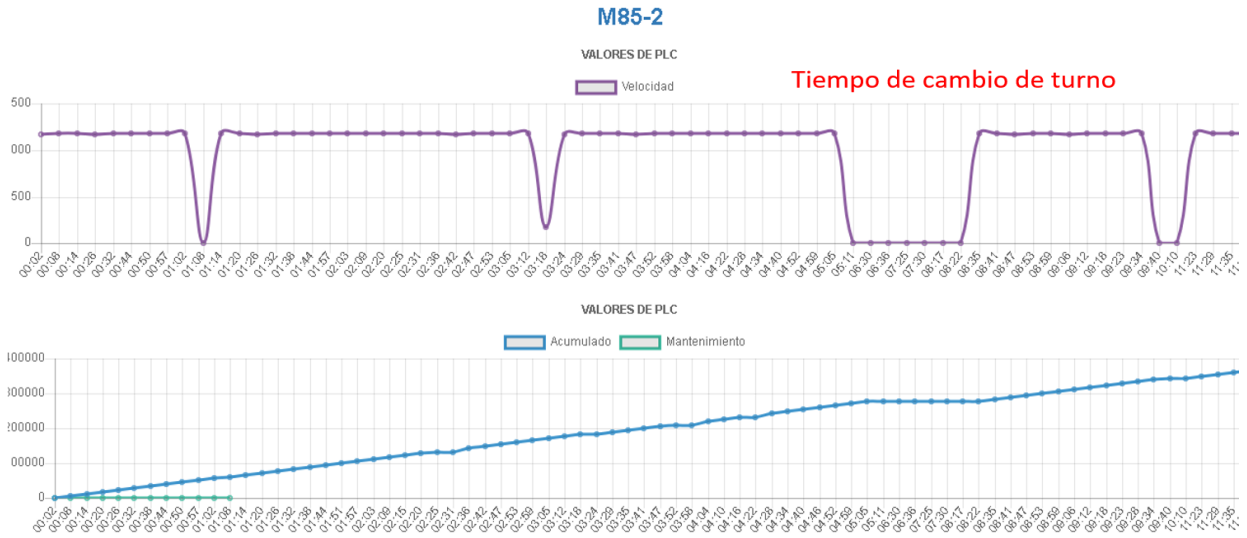


Ilustración 43. Gráfico de datos de PLC máquina M85-2
Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 44. Gráfico de datos obtenidos por el PLC de máquina ED 48.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Beneficios adicionales de la implementación de los PLC's

Adicionalmente a la obtención de los datos de las variables del proceso, la incorporación de los PLC's trae consigo otros beneficios adicionales como la posibilidad de integrar un sistema de semáforos que permiten conocer de forma inmediata y precisa el estatus de la máquina, ayudando a que las decisiones se tomen de una manera más rápida, en la

Ilustración 45. Sistema de semáforos de estatus de la máquina. Este es un ejemplo claro de cómo la información obtenida puede ser utilizada para otras aplicaciones.



*Ilustración 45. Sistema de semáforos de estatus de la máquina.
Fuente: Elaboración propia*

4.2. Análisis del cumplimiento de los objetivos del Proyecto

La implementación deja importantes aportaciones a la empresa en lo general y en lo particular en las áreas involucradas en su implementación, no solo para la obtención de datos que serán utilizados en el sistema ADVARIS, sino también levantando interés de otras áreas para hacer uso de la información para nuevos proyectos que utilizan la infraestructura creada, dentro de los resultados y las aportaciones más importantes del proyecto, se puede señalar lo siguiente:

- a) Es posible que tanto la red corporativa, como la red industrial convivan en una misma infraestructura y modelo de comunicación. Este punto fue tema de discusión de múltiples reuniones de trabajo, con mucha resistencia y escepticismo en diferentes áreas como mantenimiento e ingeniería, quienes buscaban una red industrial separada e independiente de la red corporativa, con implicaciones importantes de inversión ya que dejaba fuera la infraestructura actual y requería una instalación nueva para la red Industrial (cableado de Fibra, cableados de cobre, compra de nuevos switches y servidores para poder integrar la información de los niveles operativos).

La solución se dio utilizando la infraestructura actual, modernizando los equipos existentes (se realizó cambio del Core o switches principal), incrementando solo la infraestructura de red necesaria con nuevos cableados de fibra a las nuevas localidades, sustituyendo los equipos de bajo rendimiento por switches de alta tecnología e instalando nuevos sitios de comunicaciones en los sitios que no tenía cobertura, lo anterior con ahorros muy significativos de más del 80% respecto a la creación de una red independiente.

- b) El trabajo en equipo crea sinergia y multiplica los resultados, para este trabajo se creó un equipo multidisciplinario para la definición inicial de la infraestructura necesaria, incluyendo personal de mantenimiento, técnicos en electrónica, ingeniería de procesos y de producto, personal del área de sistemas, compras, personal de producción y planeación, así se definieron y clarificaron los requerimientos mínimos necesarios y se documentó el proyecto, con fechas claras para los entregables y los seguimientos necesarios para cumplir con el proyecto.
- c) No se debe de perder de vista el objetivo inicial del proyecto. El objetivo debe quedar claro desde el inicio para que no se desvíen los esfuerzos; durante el camino de la definición, surgen infinidad de alternativas de solución, que de momento pueden desviar el rumbo del trabajo, pero siempre debe retomarse el camino trazado y no olvidar el requerimiento inicial; Al final, el resultado fue satisfactorio, ya que se lograron los objetivos plantados y se originan nuevos proyectos, mismos que toman como base la infraestructura creada
- d) Lecciones aprendidas: Todas las opiniones son importantes, las ideas surgen en el momento menos pensado; debemos estar abiertos a aceptar opiniones de todos los involucrados; escuchar la opinión de los usuarios finales siempre es importante para los proyectos; en este caso en particular la distribución de los equipos instalados se realizó con la ayuda y opinión de los usuarios finales.

4.3. Revisión de los indicadores del proceso.

Con la implementación del modelo en la máquina prototipo se logró la obtención de datos importantes para generar los principales indicadores del proceso productivo. Se contemplaron seis indicadores básicos con los cuales se medirá la efectividad del modelo, estos indicadores muestran información relevante de la situación de la planta, para la toma de decisiones oportunas, y medir el nivel de mejora de los procesos productivos.

- 1) Producción y productividad.
- 2) Disponibilidad operacional.
- 3) Nivel de calidad interna.
- 4) Porcentaje de desperdicio
- 5) Nivel de servicio.
- 6) Retrabajos.

A continuación, se presentan datos de los registros obtenidos con las capturas de producción del año 2017-2018, los registros obtenidos hasta el mes de junio fueron obtenidos mediante los registros manuales, y a partir de los meses de julio a la fecha se estuvieron tomando registros de manera automática, principalmente las cantidades producidas, los registros de velocidades, y los registros de incidencia de la máquina, *Ilustración 46 y 47. Resumen de indicadores de Máquina Nokia 2017 y 2018*, nos muestra un concentrado de la información obtenida de la máquina prototipo durante el año 2017 y 2018.

Datos obtenidos durante el año 2017 y 2018 información relevante para la obtención de algunos de los indicadores importantes del área.

PRODUCCION MENSUAL LINEA NOKIA														
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2017	Promedio Anual
Produccion (km)	9,225.93	11,222.98	11,181.86	10,405.29	8,692.44	8,673.17	10,997.93	12,354.56	12,722.32	13,747.37	11,338.84	8,195.48	128,758.17	10,729.85
Produccion (Ton)							407.88	419.59	453.45	431.64	365.90	291.19	2,369.66	394.94
Hrs Programadas	678.15	549.64	633.16	610.70	568.58	544.47	625.62	616.39	654.06	673.71	642.37	569.00	7,365.85	613.82
Hrs demora	144.80	30.66	70.58	95.39	132.54	119.39	95.07	73.44	95.58	72.04	128.80	135.05	1193.34	99.45
% Hrs demora	0.21	0.06	0.11	0.16	0.23	0.22	0.15	0.12	0.15	0.11	0.20	0.24	0.16	0.16
Hrs directas	533.35	518.98	562.58	515.31	436.04	425.08	530.55	542.95	558.48	601.67	513.57	433.95	6172.51	514.38
Disponibilidad Operacional (%)	0.79	0.94	0.89	0.84	0.77	0.78	0.85	0.88	0.85	0.89	0.80	0.76	0.84	0.84
D. O.Objetivo %	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Velocidad Promedio	288.30	360.42	331.27	336.54	332.25	340.06	345.49	379.24	379.67	380.81	367.98	314.76	346.40	346.40
Productividad (km/hr)	17.30	21.63	19.88	20.19	19.93	20.40	20.73	22.75	22.78	22.85	22.08	18.89	20.86	20.86
Productividad objetivo km/hr	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Dias efectivos	22.22	21.62	23.44	21.47	18.17	17.71	22.11	22.62	23.27	25.07	21.40	18.08	257.19	21.43
Promedio real por día (km)	415.15	519.00	477.02	484.61	478.44	489.69	497.50	546.11	546.73	548.37	529.89	453.26	500.64	498.81

Ilustración 46. Resumen de indicadores de Máquina Nokia 2017.
Fuente: Elaboración propia

PRODUCCION MENSUAL LINEA NOKIA														
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2018	Promedio Anual 2018
Produccion (km)	12,720.27	12,135.13	12,328.65	12,062.09	12,799.62	12,651.82	13,473.52	12,543.28	11,965.26	12,502.00	12,339.50	10,618.95	148,140.09	12,345.01
Produccion (Ton)														
Hrs Programadas	609.58	590.42	695.25	617.25	626.54	601.70	715.24	591.50	576.02	612.53	604.34	506.86	7,347.23	612.27
Hrs demora	29.83	55.08	47.55	28.58	39.22	32.50	32.98	39.23	50.12	73.63	37.20	37.62	503.55	41.96
% Hrs demora	0.05	0.09	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.07	0.09	0.12	0.06	0.07	0.07	0.07
Hrs directas	579.75	535.33	647.70	588.67	587.33	569.20	682.26	552.27	525.90	538.90	567.14	469.25	6,843.68	570.31
Disponibilidad Operacional (%)	0.95	0.91	0.93	0.95	0.94	0.95	0.95	0.93	0.91	0.88	0.94	0.93	0.93	0.93
D. O.Objetivo %	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Velocidad Promedio	365.68	377.81	317.24	341.51	363.22	370.46	329.14	378.54	379.20	386.65	362.63	377.16	362.44	362.44
Productividad (km/hr)	21.94	22.67	19.03	20.49	21.79	22.23	19.75	22.71	22.75	23.20	21.76	22.63	21.65	21.75
Productividad objetivo km/hr	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Dias efectivos	24.16	22.31	26.99	24.53	24.47	23.72	28.43	23.01	21.91	22.45	23.63	19.55	285.15	23.76
Promedio real por día (km)	526.59	544.04	456.83	491.77	523.03	533.46	473.96	545.09	546.04	556.78	522.18	543.11	519.51	521.91

Ilustración 47 Resumen de indicadores de Máquina Nokia 2017 y 2018
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 48. Gráfico de producciones Mensuales Máquina Nokia 2017 y 2018. Se puede observar el comportamiento de la máquina en cuanto a las cantidades producidas por mes, con un nivel de mejora de un 15 % en el 2018 respecto a las producciones del 2017

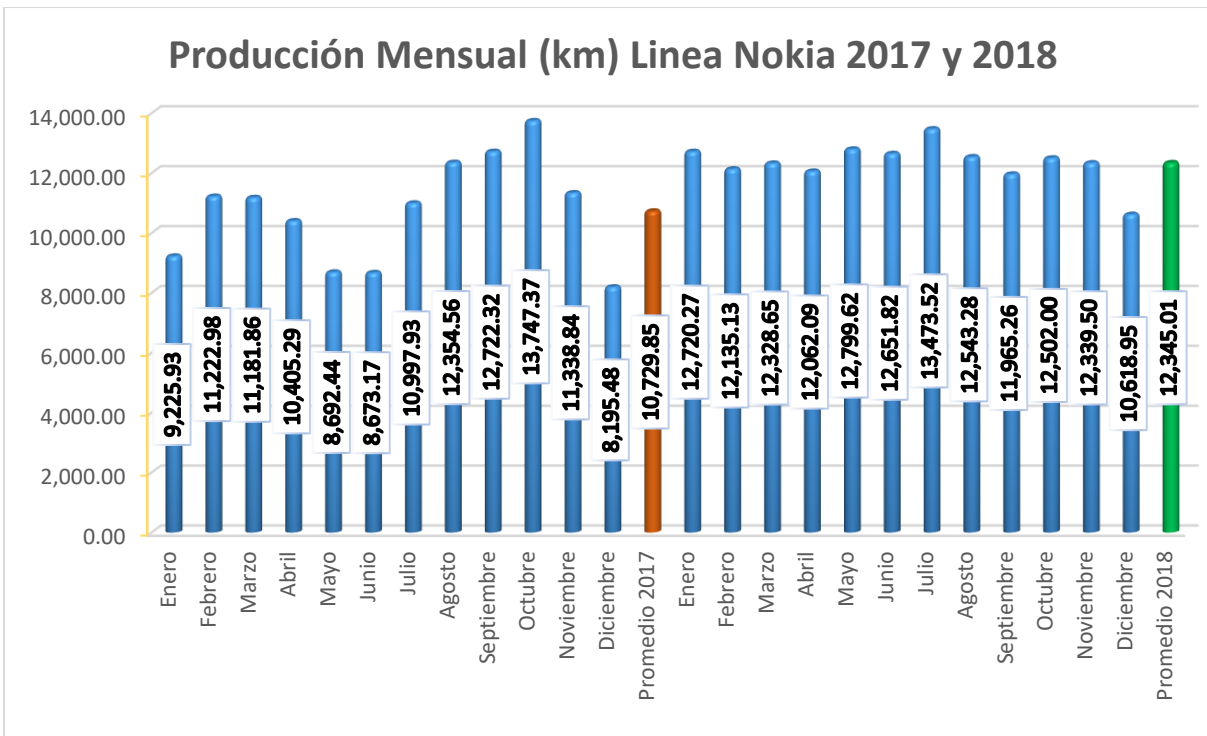
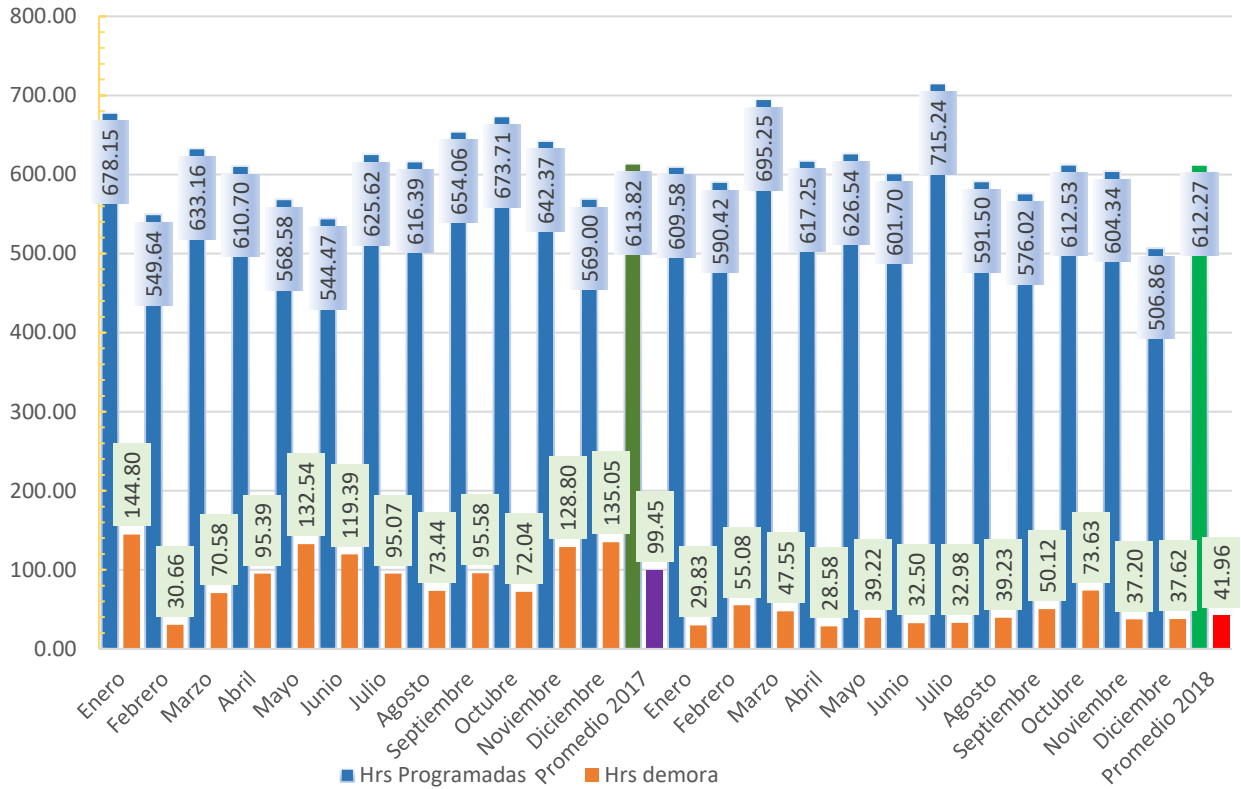


Ilustración 48. Gráfico de producciones Mensuales Máquina Nokia 2017 y 2018.
Fuente: Elaboración propia.

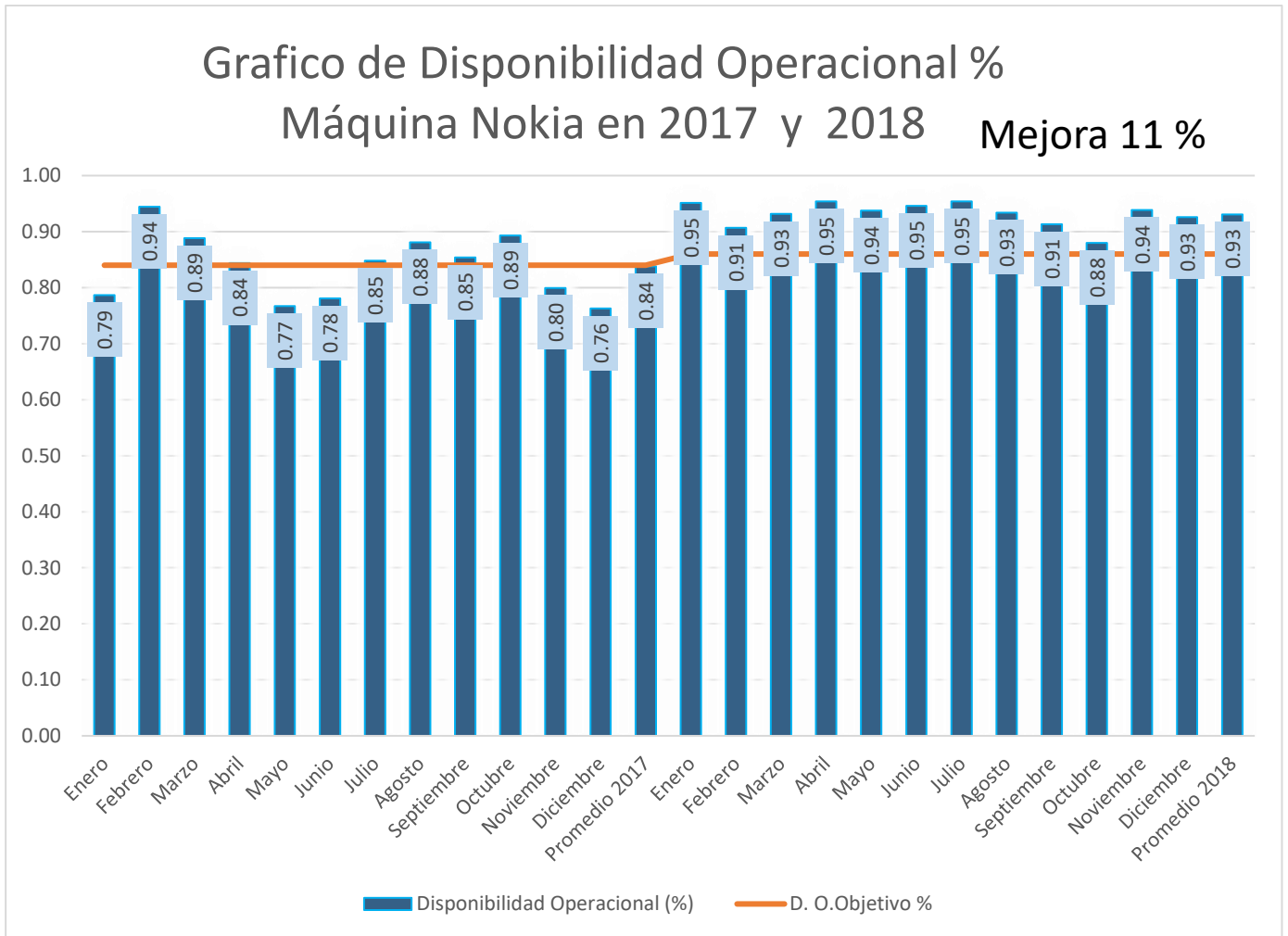
En la Ilustración 49. Gráfico horas programadas vs horas demora Máquina Nokia 2017 y 2018, podemos observar el comportamiento de la máquina en cuanto a las horas programadas y las horas de demora, este comportamiento se resume en el siguiente gráfico, el cual representa el indicador de tiempo de disponibilidad de la máquina. Podemos observar mejoras significativas (disminución de las demoras por mes)

Comparativo de Horas Programadas/ Horas Demora por mes Máquina Nokia en 2017 y 2018



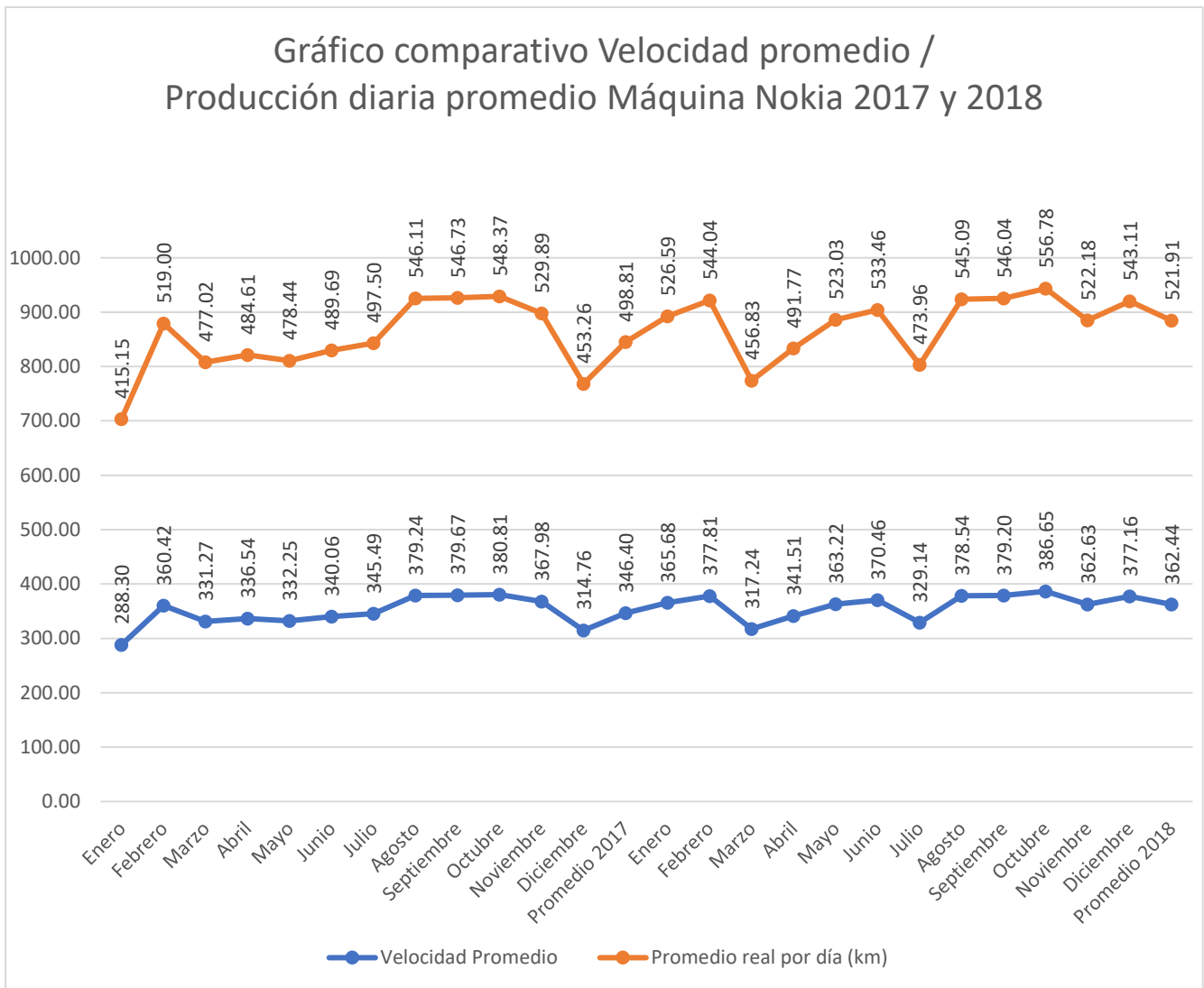
*Ilustración 49. Gráfico horas programadas vs horas demora Máquina Nokia 2017 y 2018.
Fuente: Elaboración propia.*

La Ilustración 50. Gráfico de disponibilidad operacional Máquina Nokia 2017 y 2018, muestra el comportamiento del indicador respecto al objetivo planteado por la organización, a través del cual se identifican áreas con oportunidad de mejora durante el año 2017 y durante el año 2018 existe una mejora de un 11 % respecto al año anterior.



*Ilustración 50. Gráfico de disponibilidad operacional Máquina Nokia 2017 y 2018.
Fuente: Elaboración propia*

En la Ilustración 51. Gráfico velocidades promedio vs Producciones diaria promedio Máquina Nokia 2017 y 2018. Se observa el comportamiento histórico de las velocidades alcanzadas por la máquina Nokia promediadas en el mes y su relación directa con las producciones diarias obtenidas. Estas producciones y velocidades consideran la mezcla de productos que esta máquina produce y que corresponden a la doble extrusión PVC-Nylon conocidos comercialmente como productos del tipo THHN en los calibres 8, 10, 12 y 14 awg. Respectivamente; la mezcla y cantidades de estos calibres sin duda hacen variar las cantidades promedio obtenidas, sin embargo, la proporción y relación de velocidad/producción se mantiene constante, como lo demuestra la gráfica siguiente.



*Ilustración 51. Gráfico velocidades promedio vs producciones diaria promedio 2017 y 2018.
Fuente: Elaboración propia*

En la actualidad existen proyectos importantes por aplicar, relacionados con el incremento de velocidades de producción. Para lo cual se esta considerando una fuerte inversión en la modernización de algunos componentes de esta máquina, estos fueron identificados a raíz del monitoreo, como limitantes para llevar a cabo el incremento de velocidad, esta programada esta modernización para los meses de julio y agosto del 2019.

La Ilustración 52. Análisis de causas de demora Línea Nokia, noviembre 2017 muestra información importante de las causas de demora que se tuvieron en el mes de noviembre en la máquina prototipo; esta herramienta nos permite tomar acciones más efectivas en la solución de problemas y atender de manera urgente las causas de paro en la línea de producción.

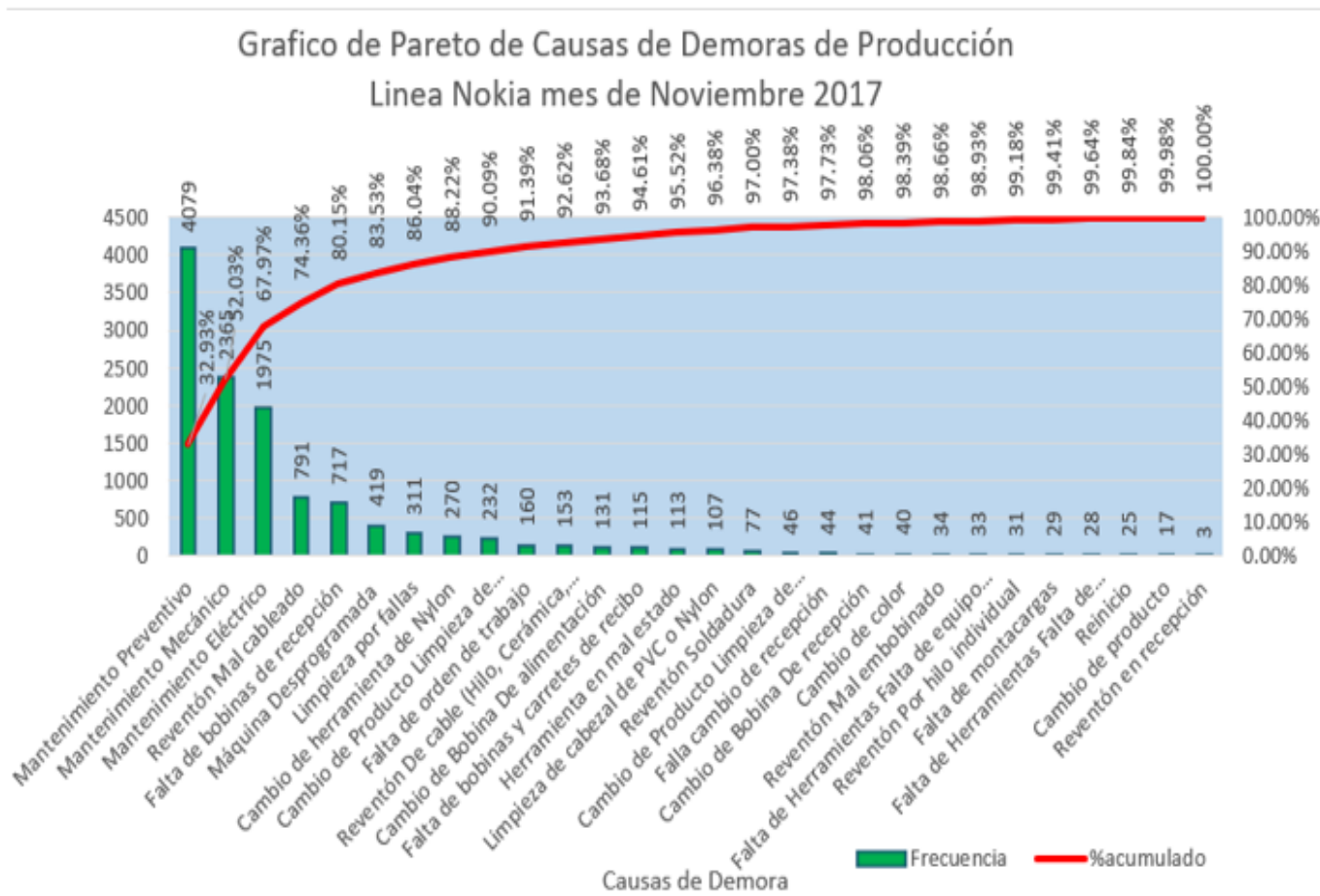


Ilustración 52. Gráfico de Pareto de causas de demora de máquina prototipo Nokia.
Fuente: Elaboración propia

La siguiente Ilustración 53 Gráfico de Pareto de causas de demora, muestra otro ejemplo de uso de la información obtenida de la máquina prototipo.

Es preciso mencionar que algunos de estos indicadores ya se obtenían con los registros manuales de información y se siguen obteniendo actualmente en todos los procesos mediante la información que es recopilada de forma manual utilizando formatos

preimpresos que llena el operador, no obstante, al evaluar los beneficios de la automatización, es posible percibir una mejora importante en los tiempos de presentación de la información; con el método manual se tarda un turno o más hasta que los datos son capturados y presentados en reportes consolidados para poder hacer análisis y tomar decisiones en los niveles superiores de la organización, con la obtención automática de estos datos, se tiene la información en tiempo real, incluso se pueden hacer predicciones y tomar medicadas preventivas según las tendencias de los datos.

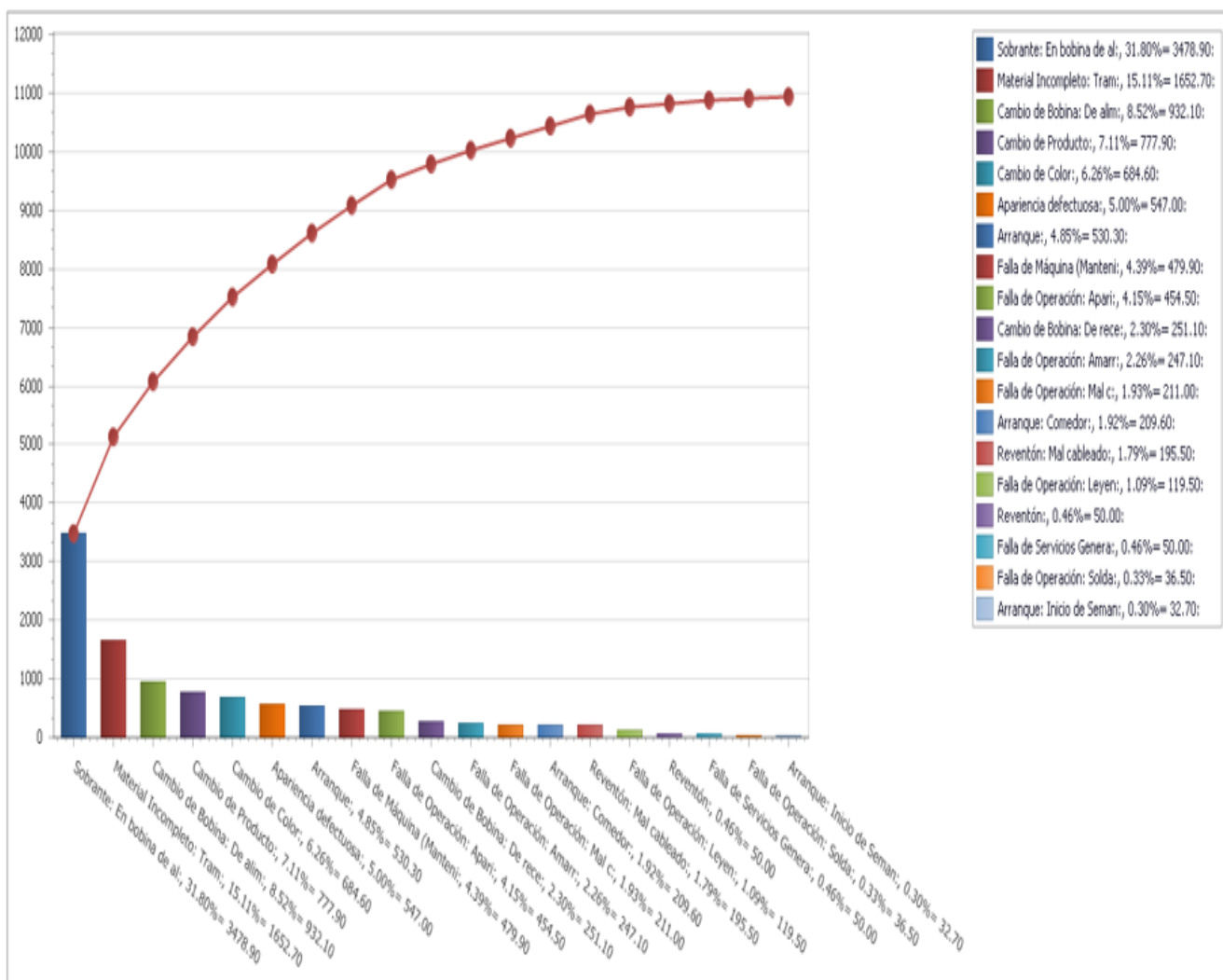


Ilustración 53. Gráfico de demoras obtenidos de manera automática.
Fuente: Elaboración propia

Como ejemplo de la utilización de la información que se está generando, en la Ilustración 54. Estatus de maquina en paro, se puede observar que la maquina tiene un

paro desde las 06:48 de mañana, a las 2:53:43 P.M. la máquina aún sigue en paro, esto debe ser suficiente para alarmar a los supervisores y personal de los niveles superiores para tomar las medidas apropiadas y convocar a los involucrados a resolver la situación.

CONSULTA SERVIDOR OPC MODBUS @condumex.com.mx Passw

Sunday 10th of December 2017 02:53:43 PM

Id	Calidad	Valor	Tiempo	Nombre
0	Good, Non-specific	17	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Autoarr
1	Good, Non-specific	0	2017-12-10 05:58:47	CexNokia.Nokia_Camb_Bobina
2	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Fab_Obj
3	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Maq_Mntto
4	Good, Non-specific	0	2017-12-10 06:48:28	CexNokia.Nokia_Maq_parada
5	Good, Non-specific	0	2017-12-10 06:48:28	CexNokia.Nokia_Maq_Trab
6	Good, Non-specific	0	2017-12-10 14:02:24	CexNokia.Nokia_Metros_Act
7	Good, Non-specific	13	2017-12-10 06:48:28	CexNokia.Nokia_Mparo
8	Good, Non-specific	0	2017-12-10 06:48:28	CexNokia.Nokia_Velact
9	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_VelObj

*Ilustración 54. Estatus de máquina en paro.
Fuente: Elaboración propia.*

De la misma manera se pueden documentar situaciones de alta eficiencia, cuando se logran velocidades por arriba de los estándares de fabricación, dando pauta a los ingenieros de proceso para que registren las condiciones de operación más favorables para una determinada línea de productos. *Ilustración 55. Registro de velocidades por arriba del estándar de producción.*

CONSULTA SERVIDOR OPC MODBUS					
				@condumex.com.mx	Password
Saturday 9th of December 2017 11:13:33 PM					
Id	Calidad	Valor	Tiempo	Nombre	
0	Good, Non-specific	17	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Autoarr	
1	Good, Non-specific	0	2017-12-09 22:55:22	CexNokia.Nokia_Camb_Bobina	
2	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Fab_Obj	
3	Good, Non-specific	0	2017-12-09 12:23:34	CexNokia.Nokia_Maq_Mntto	
4	Good, Non-specific	12	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Maq_parada	
5	Good, Non-specific	12	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Maq_Trab	
6	Good, Non-specific	349	2017-12-09 23:13:28	CexNokia.Nokia_Metros_Act	
7	Good, Non-specific	0	2017-12-09 20:22:22	CexNokia.Nokia_Mpero	
8	Good, Non-specific	463	2017-12-09 23:13:31	CexNokia.Nokia_Velact	
9	Good, Non-specific	0	2017-12-09 19:09:04	CexNokia.Nokia_VelObj	

*Ilustración 55. Registro de velocidades por arriba del estándar de producción.
Fuente: Elaboración propia.*

En la Ilustración 56. Gráfico de datos de máquina BLS800-3, muestra el monitoreo de máquina con problemas de procesabilidad en el conductor, se realizar ajustes en el proceso y retorna a su producción normal de trabajo.

En la Ilustración 57. Gráfico de máquina M-85-2, el monitoreo de máquina muestra el comportamiento típico de trabajo con recepción de producto en bobinas de 22 pulgadas. Muy diferente a su comportamiento cuando se trabaja con recepción de tongas. La Ilustración 58. Gráfico de máquina M-85-2 con recepción en tongas, la cantidad de salida de hasta 80,000 metros comparada con 6500 cuando el producto se recibe en bobina.

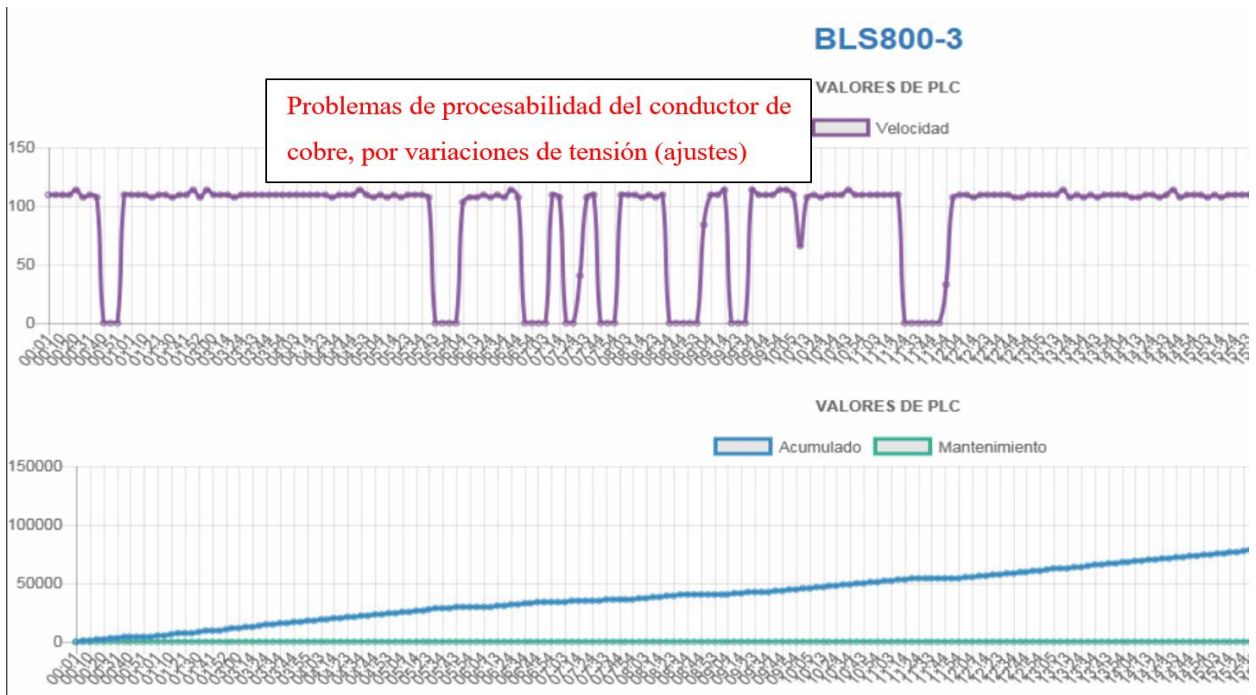


Ilustración 56. Gráfico de datos obtenidos del PLC máquina BLS800-3
Fuente: Elaboración propia.

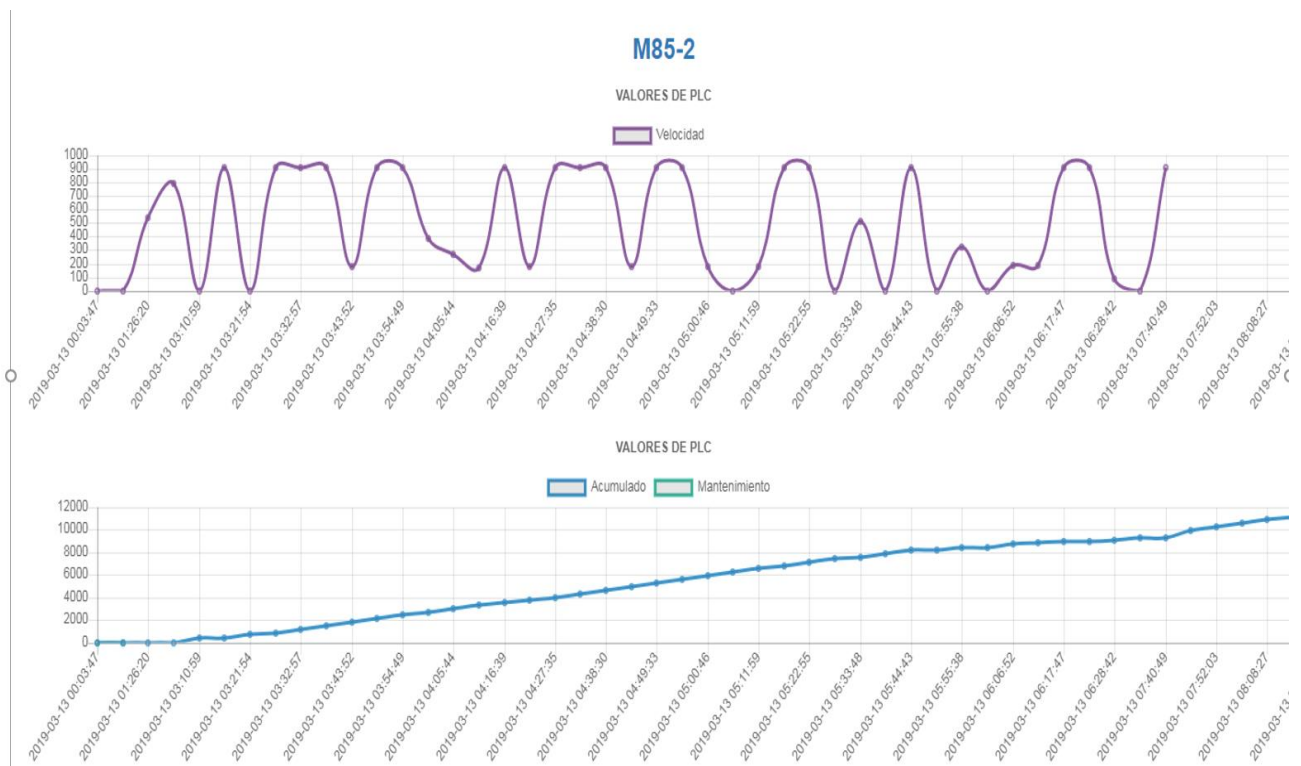
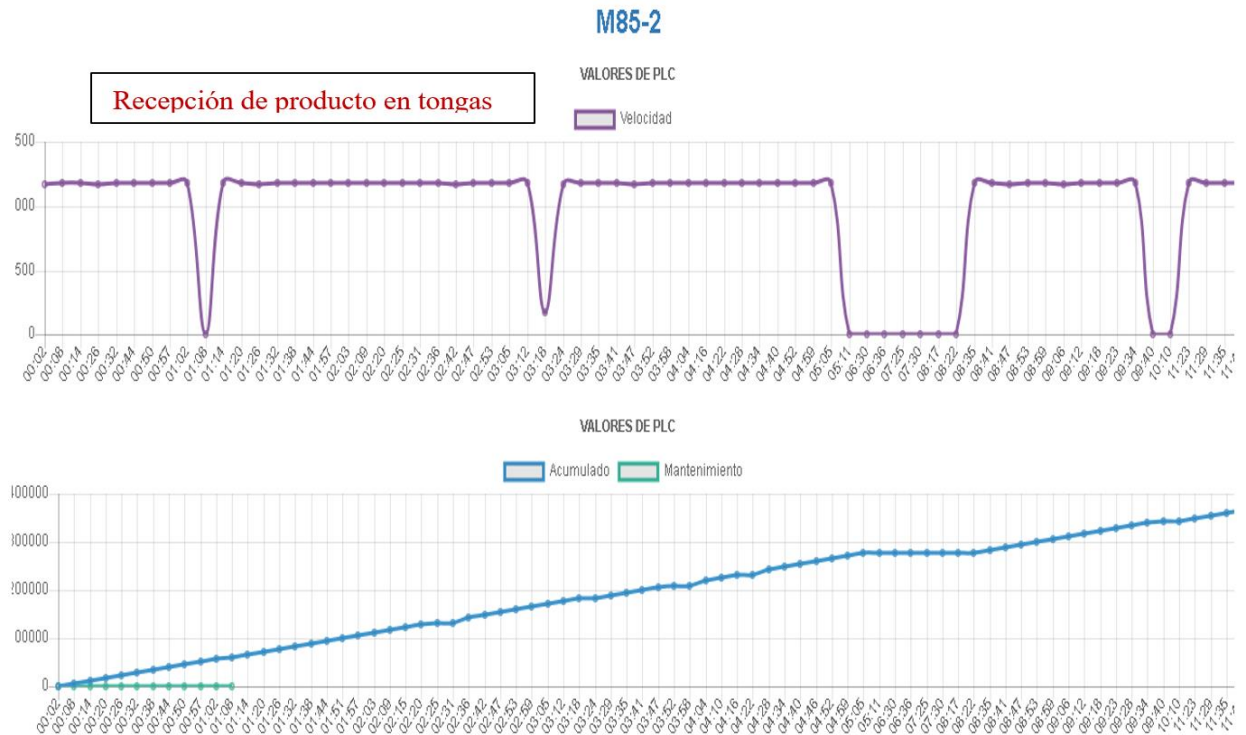


Ilustración 57. Gráfico de máquina M-85-2
Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 58 . Gráfico de máquina M-85-2 en tongas.
Fuente: Elaboración propia.*

CONCLUSIONES

El objetivo general planteado para esta tesis consistió en el diseño e implementación de un modelo de sistema de información integral, que en su concepción incorpora nuevas tecnologías para sistematizar y automatizar el acopio de la información generada en los niveles operativos de la organización, proporcionar ventajas importantes para la toma de decisiones eficientes y mejorar los procesos productivos.

En este caso en particular, la empresa en la que se desarrolló el trabajo, tomó la decisión de invertir e implementar el modelo planteado en este trabajo de tesis, en conjunto con la renovación tecnológica de sus principales procesos de negocios y se ha encaminado en la difícil tarea de digitalizar la información que se genera en el proceso mediante el cambio tecnológico de sus sistemas de planificación de recursos empresariales ('ERP', por sus siglas en inglés, *Enterprise Resource Planning*) y la incorporación de un Sistema de Ejecución de Manufactura ('MES' por sus siglas en inglés *Manufacturing Execution System*).

Estos cambios en su conjunto forman parte importante de los planes estratégicos que se tienen para mantener el liderazgo y la participación de la empresa en el negocio de los cables.

Es importante dejar en claro que, si bien el alcance de este trabajo de investigación no incluye los cambios de sistemas antes mencionados, si los considera en su planteamiento, ya que serán los clientes que recibirán los beneficios y logros del trabajo realizado en los niveles técnicos y operativos.

A manera de conclusiones se tiene lo siguiente:

- 1) Como respuesta a la primera pregunta planteada en esta investigación: **¿Qué elementos deben ser considerados en un modelo de sistema integral de información para la industria del cable?** Se puede concluir lo siguiente:

La creación del “Modelo de Integración de Sistemas de Información” representa un elemento decisivo en los resultados obtenidos en esta investigación, pues a partir de él fue posible conceptualizar la problemática y plantear las propuestas desde un enfoque global-integral-sistémico, lo cual ayudó a delimitar claramente las aportaciones al sistema en su conjunto y mostrar la importancia de los elementos individuales que se incorporaron en la solución junto con los entregables esperados en cada etapa de la investigación y desarrollo del trabajo.

El modelo incorpora elementos de todas las áreas de la organización, así como sistemas de gestión de la información. Iniciando en la parte superior con los sistemas de reportes ejecutivos, los sistemas intermedios de gestión en este caso el ERP y el MES, sistemas ampliamente conocidos y se podría decir que conforman un estándar entre las organizaciones y los sistemas de supervisión y de campo que son sistemas especializados muy propios y específicos de la industria del cable; incorpora además elementos de control de piso, elementos de automatización de procesos y de manejo de materiales, sistemas que se encuentran directamente inmersos en las áreas operativas y técnicas de la organización.

El modelo obtenido en su versión final refleja las particularidades de la industria de los cables, mostrando elementos genéricos aplicables a cualquier tipo de industria. Asimismo, resalta aquellos procesos muy particulares, como es el caso del diseño de cables, la planeación y la programación de la producción que son muy propios de este tipo de industrias y hacen que su manejo y conceptualización sea visto con una óptica diferente, prestando importancia a los detalles

estructurales de la fabricación de cables, la integración de los materiales, costos y los procesos mismos de fabricación y gestión de recursos.

- 2) En respuesta a la pregunta **¿Qué tipo de infraestructura se necesita para incorporar un sistema de información industrial que incluya los niveles operativos?** Se concluye lo siguiente:

La implementación de sistemas de información en los niveles técnicos y operativos de una organización (control de piso) están relacionados directamente con la infraestructura instalada para llegar a la planta y más en concreto a las personas que realizan la producción (operadores) y a los dispositivos de las máquinas del proceso productivo; para lo cual se requiere contar con la siguiente infraestructura:

- a) Cobertura de red (alámbrica e inalámbrica), además de la adquisición tecnológica moderna cableado de fibra óptica, red de cobre de alta generación y equipos de comunicación que permitan adquirir, procesar y llevar la información a su destino con la mayor velocidad posible, tomando en cuenta la seguridad e integridad de la información.
- b) Se requiere de infraestructura y soporte de servidores para procesar los grandes volúmenes de información que se generan en piso de planta; lo cual incluye tanto la parte física o hardware, como el software para el acopio de información, a su vez es importante considerar los sistemas de respaldo y de filtrado de la información para eliminar los riesgos por pérdida intencional y no intencional de la información.
- c) La adquisición de dispositivos de etiquetado y acopio de la información para facilitar las tareas del personal operativo en su proceso de producción (tecnologías de código de barras y estaciones de trabajo adecuadas con pc's e impresoras) de manera que el operador dedique la mayor parte de su tiempo y esfuerzo a realizar las tareas propias de la producción.

- d) La incorporación de interfaces de comunicación y autómatas programables (PLC'S) para obtener información directa de la maquina productiva, estos elementos requieren a su vez procesos de ingeniería-instalación y configuración para la obtención de los datos necesarios para el monitoreo de las variables del proceso productivo. Con la puesta en operación de la “Maquina Prototipo Nokia” se pudo analizar la viabilidad técnica, de ingeniería y los costos para incorporar un sistema de monitoreo de variables a partir de la instalación de un PLC en la máquina y la obtención y manejo de datos a partir de un servidor OPC.

Con los datos obtenidos como (velocidad de la línea, metrajes, cantidades de producción, tiempos de proceso, tiempos de paro, condiciones de estado de la máquina “Paro”, “Trabajando”, “Mantenimiento”, “Preparación” clasificación de causa de paro) se puede visualizar el comportamiento de la maquina en tiempo real simultáneamente estos son enviados a una base de datos para su procesamiento, almacenamiento y socialización de la información. Desde allí otras aplicaciones pueden disponer de la información para realizar procesos estadísticos, generar indicadores y reportes útiles para otras áreas de la organización.

- 3) En respuesta a la pregunta **¿Cuáles son los beneficios de incorporar sistemas de información en los niveles operativos?** Se concluye lo siguiente:

Con la Implementación de la “Máquina prototipo Nokia “se logró la obtención de datos automáticos de proceso, se determinó que es factible obtener la información del proceso de una manera más rápida y sencilla. En la actualidad, los protocolos de comunicación son cada vez más compatibles con los entornos industriales, los fabricantes de interfaces y de tecnologías orientadas a las industrias están usando estándares de comunicación ya sea de tipo propietario o de código abierto que permite el acceso y la comunicación con una amplia gama de dispositivos, lo que facilita y promueve el desarrollo de aplicaciones en todos los campos de la ciencia.

En la presente implementación se pueden constatar los siguientes beneficios:

- a) Es posible la obtención de la información de planta en tiempo real, logrando el monitoreo de variables críticas del proceso productivo y la socialización de la información en cuestión de segundos, lo cual permite tomar decisiones importantes del proceso de manera rápida y efectiva, basada en datos reales.
- b) Se logra obtener información confiable desde su origen, por lo cual se elimina la posibilidad de manipulación e intermediarios que puedan dar interpretaciones erróneas. La información de primera mano es valiosa para cualquier aplicación o uso posterior, ya que de ella se desprenden nuevos proyectos de mejora en los procesos de producción y/o de gestión de la organización.
- c) Los registros y la generación de reportes son inmediatos, así como las afectaciones y retroalimentación a otros sistemas y aplicaciones son a base de interfaces automáticas, lo que facilita tener disponible la información de manera precisa.
- d) Los errores en el acopio de la información se disminuyen o son detectados en los filtros de las interfaces. En los procesos de captura donde interviene el elemento humano aún existe la posibilidad de error, pero en la mayoría de los casos estos son detectados y contenidos en los filtros y validaciones de las interfaces de capturas.
- e) La socialización de la información es inmediata en la mayoría de los procesos y lleva muy poco tiempo en aquellas en las que se requiere un procesamiento o tratamiento adicional de la información.

- f) Se crea la memoria técnica de los procesos productivos, lo cual permite la trazabilidad de los datos, la generación de nuevo conocimiento y la innovación a partir de los análisis de la información.

Otros beneficios adicionales a los ya mencionados fueron: en paralelo a la implementación de los sistemas se incorporó casi de inmediato un sistema de semáforos que muestra el estado de funcionamiento de las máquinas. Por otra parte, se desarrolló la visualización web de las variables obtenidas de los procesos, de tal manera que se hace accesible la información desde cualquier ordenador que tenga acceso a la red de la empresa. Estos 2 ejemplos muestran el potencial de la implementación y dan cuenta de las múltiples posibilidades que se tienen para hacer uso de la infraestructura generada.

- 4) En respuesta a la pregunta **¿Por qué las industrias difícilmente se atreven a invertir en sistemas que incluyan los niveles operativos?** Se puede concluir lo siguiente:

Las organizaciones saben que en el nivel operativo de la planta productiva se generan grandes volúmenes de información y es deseable que toda esta información pueda analizarse, estratificarse y socializarse para una buena toma de decisiones, sin embargo, son pocas las empresas que se atreven a invertir sus recursos y aprovechar las nuevas tecnologías en proyectos de este tipo. Esto sin duda marca una diferencia importante cuando se trata de competir en nichos de mercado que requieren cambios rápidos en sus procesos y una alta flexibilidad de trabajo.

Algunas de las causas por las cuales las industrias no invierten en sistemas que incluyan los niveles operativos, tienen que ver con los siguientes puntos:

- a) Debe de existir apoyo y voluntad política de la alta dirección; uno de los elementos más importantes para el éxito de este tipo de proyectos; los

directivos deben de incluir la incorporación de nuevas tecnologías en los planes estratégicos y estar convencidos de que ello ya que representan factores críticos en el éxito industrial, bien sea para lograr o mantener una posición de liderazgo ante sus competidores.

- b) Los proyectos que involucran el nivel operativo requieren de esfuerzos importante en cuanto a inversión, principalmente en infraestructura para comunicar y llegar a todas las áreas productivas y maquinas del proceso; los altos costos siempre son una limitante para las empresas.
- c) La incorporación de tecnología representa un proceso dinámico el cual requiere constante mantenimiento y actualización, por lo que se debe de destinar presupuesto que permita mantener y renovar la base tecnológica conforme se dan los avances en la ciencia relacionados con el sector involucrado.
- d) La organización debe definir políticas y estrategias de renovación gradual de su base tecnológica para mantener su óptimo funcionamiento y evitar grandes desembolsos de capital al realizar la renovación de sus equipos instalados.

Además de dar respuesta a las preguntas de investigación se obtienen la siguiente conclusión:

Al implementarse las nuevas tecnologías, estas generan estrés en las personas como cualquier otro cambio, sin embargo, este desaparece cuando se perciben los beneficios y estas mismas personas se convierte en un apoyo para las actividades de la operación diaria. Con la implementación de la máquina prototipo, se generó inquietud y expectación en los operadores, quienes al ver los resultados positivos de la maquina cambiaron sus percepciones y las personas se vuelven importantes

promotores del cambio, contribuyendo con nuevas ideas para mejorar su uso y aplicación.

En este sentido las áreas de recursos humanos tienen una gran importancia en cuanto a las maneras y formas de promover el cambio en la organización. Se deben buscar los mecanismos adecuados para que estos sean aceptados por el personal operativo y que el estrés que se genera produzca resultados positivos y beneficios para el proyecto.

RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

- 1) En la industria existen mitos que están en contra de la conectividad de la planta con el resto de las redes corporativas. Se cree que por cuestiones de seguridad, los equipos de planta deben estar aislados de cualquier comunicación externa, para evitar accesos no autorizados, la infección de virus, el robo de información, entre otros. Si bien todo lo anterior existe en el medio informático, es importante evaluar los costos-beneficios de mantenerse aislado, contra los beneficios de la conectividad. Hoy en día existen formas de mantener la seguridad, de filtrar la información, mecanismos de respaldo de información, que pueden minimizar o anular los impactos de cualquier ataque y/o daño a los equipos de la planta productiva.

En la implementación que se realizó se consideraron varias medidas de seguridad para mitigar este tipo de riesgos y contingencia tales como:

- a) Se realizó la segmentación de la red (configuración de redes virtuales) para separar el tráfico de la red corporativa de la red de planta.

- b) Se instaló el servidor OPC en la red de planta provisto con interfaces de red para acceso a redes corporativas, con estas medidas queda separada la red de planta de la red corporativa con filtrado de datos.
 - c) Se incorporan sistemas de respaldo para servidores y máquinas críticas de proceso.
- 2) Es conveniente hacer alianzas con los proveedores para obtener información importante y configuración de los equipos con las mejores prácticas del mercado, esto garantiza el funcionamiento exitoso desde los ambientes de pruebas.
 - 3) Es importante la contratación de los mantenimientos anuales de los equipos. Aunque esto incrementa el costo de la implementación, garantiza el funcionamiento y la restauración ante cualquier falla, ya sea intencional o fortuita, en el periodo de aprendizaje y de adquisición de experiencia con los equipos, ya que es importante tener el respaldo de los fabricantes/proveedores.
 - 4) Siempre es bueno buscar las oportunidades de compra en paquete, ya que puede ser una buena medida para ahorrar tanto en la adquisición de los equipos como en los consumibles y de ser posible estandarizar presentaciones, lo cual puede reflejarse en buenos ahorros al hacer el recuento final.

Finalmente, puede señalarse que en este trabajo se ha logrado un gran avance con respecto a la Industria 4.0 al lograr identificar las variables del proceso productivo, que son la base para el desarrollo de algoritmos, análisis de comportamientos y definición de relaciones entre ellos, siendo un ejemplo del trabajo que es posible continuar para optimizar los procesos industriales, dar cumplimiento a los requerimientos cada vez más personalizados y flexibles de los clientes, así como transformar los entornos de trabajo.

ANEXOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ERP (Enterprise Resource Planning). Planificación de Recursos Empresariales; son sistemas informáticos destinados a la administración de recursos en una organización.

CRM (Customer relationship management). Administración basada en la relación con los clientes, es un modelo de gestión de toda la organización, basada en la satisfacción del cliente, Software para la administración de la relación con los clientes. Sistemas informáticos de apoyo a la gestión de las relaciones con los clientes, a la venta y al marketing.

SCM (Supply chain management). La administración de la cadena de suministro, es el proceso de planificación, puesta en ejecución y control de las operaciones de la red de suministro con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente con tanta eficacia como sea posible.

MES (Manufacturing Execution System). Sistema de Ejecución de Manufactura, los MES dirigen y monitorizan los procesos de producción en la planta, incluyendo el trabajo manual o automático de informes, así como preguntas on-line y enlaces a las tareas que tienen lugar en la planta de producción. MES puede incluir uno o más enlaces a órdenes de trabajo, recepción de mercancías, transporte, control de calidad, mantenimiento, programación y otras tareas relacionadas.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee

de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención.

PLC (Programmable Logic Controller). Un Controlador Lógico Programable, es una computadora utilizada en la ingeniería, para automatizar procesos electromecánicos. Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real «duro», donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

DCS (Distributed Control System). Un Sistema de Control Distribuido es un sistema de control aplicado a procesos industriales complejos en las grandes industrias como petroquímicas, papeleras, metalúrgicas, centrales de generación, plantas de tratamiento de aguas, incineradoras o la industria farmacéutica. Los primeros DCS datan de 1975 y controlaban procesos de hasta 5000 señales. Las capacidades actuales de un DCS pueden llegar hasta las 250.000 señales.

CNC (Control Numérico Computarizado). El término “control numérico” se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos. Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles. En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la

máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales

PAC (Control analógico programable). Programable Analógica Control es una tecnología de diseño de equipos de instrumentación aplicados al Control Analógico y Lógico de procesos. Esta tecnología se basa en disponer funciones complejas en forma en bloques pre-programados.

SWITCH (Conmutador o switch). es el dispositivo digital lógico de interconexión de equipos que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red y eliminando la conexión una vez finalizada esta.

FEEDBACK (La realimentación). también denominada retroalimentación es, en una organización, el proceso de compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información, a nivel individual o colectivo, para mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento de una organización. La realimentación tiene que ser bidireccional de modo que la mejora continua sea posible, en el escalafón jerárquico, de arriba para abajo y de abajo para arriba.

En la teoría de control, la realimentación es un proceso por el que una cierta proporción de la señal de salida de un sistema se dirige de nuevo a la entrada. Esto es de uso frecuente para controlar el comportamiento dinámico del sistema. Los ejemplos de la realimentación se pueden encontrar en la mayoría de los sistemas complejos, tales como ingeniería, arquitectura, economía, sociología y biología.

OEE (Overall Equipment Efficiency). Eficiencia General de los Equipos es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. Esta herramienta también es conocida como TTR (Tasa de Retorno Total) cuando se utiliza en centros de producción de proyectos. El OEE resulta de multiplicar otras tres razones porcentuales: la Disponibilidad, la Eficiencia y la Calidad.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}.$$

La ventaja del métrico OEE frente a otras razones es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. Se dice que engloba todos los parámetros fundamentales, porque del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se han producido unidades defectuosas).

BIBLIOGRAFÍA

Ackoff. (1971). *Towards a System of Systems Concepts*. (U. o. Pennsylvania, Ed.)

Bertalanffy, L. ((1998).). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México:: Fondo de Cultura Económica.

Bertalanffy, L. (1950). *An outline of general system theory*. Brit. Jo. Philos. Sci.

Brooking, A. (1997). *EL CAPITAL INTELECTUAL: EL PRINCIPAL ACTIVO DE LAS EMPRESAS DEL TERCER MILENIO*. (J. C. GUIX, Trans.) BARCELONA: PAIDOS IBERICA.

Castells, M. (2006). *La sociedad red, Una Vision Global*. (V. C. Gimeno, Trans.) Madrid, España, Madrid, España: Alianza Editorial.

Corporación Aceros Arequipa. (2007). *El acero. Lo que hay que saber*. Lima: Grupo Publicidad.

David, F. R. (2013). *Conceptos de administración estratégica* (Decimocuarta edición ed.). (V. d. Ramírez, Trans.) México: PEARSON EDUCACIÓN.

Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. (Nueva York:: John Wiley & Sons,.

Garnica, Y. F. (2001, octubre-diciembre). Medición del valor del capital intelectual. (UNAM, Ed.) *Revista Contaduría y Administración*, No. 203, octubre-diciembre 2001(203).

Hanna, D. P. (1990). *Diseño de organizaciones para la excelencia en el desempeño*. (A.- W. Iberoamericana, Ed.) Mexico, D.F.

- Instituto Universitario Euroforum. (1998). *Medición del Capital Intelectual*. Ed: Escorial,.
- Malone, E. y. (1997). *Developing intellectual capital at Skandia*. Long Range Planning.
- Malone, E. y. (1999). *El capital intelectual, Gestión*. Barcelona: Gestión 2000.
- Morra, L. G. (2001). *Evaluaciones mediante el estudio de caso*. Washington, D.C.: Departamento de Evaluación de Operaciones del Banco Mundial. Retrieved 08 21, 2012,from
http://campus.usal.es/~ofeees/NUEVAS_METODOLOGIAS/ESTUDIO_CASOS/0950.pdf
- Muñoz, A. R. (2002, 3 1). <http://www.uv.es/rosado/courses/sid/sid.html>. (U. d. España, Editor, & 3. I.-S. Electrónica., Producer) Retrieved from SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS: <http://www.uv.es/~rosado>
- O' Dell, C. y. (1998). *Las tecnologías de la información y la administración*. Barcelona. España: Editorial Gedisa.
- Ordóñez, P. ,. (2004). *LAS CUENTAS DE CAPITAL INTELECTUAL COMO COMPLEMENTO DEL INFORME ANUAL*. Departamento de Administración de Empresas y Contabilidad Universidad de Oviedo.
- Rodríguez Rovira, Josep M. . (n.d.). *¿Cómo aportar valor a una organización? El capital intelectual. Un ejemplo*. Barcelona: C/ Mallorca, 272, 3ª planta. 08037 Barcelona.
- Sánchez Medina, A. J. (2006, Octubre 10). EL CONCEPTO DE CAPITAL INTELECTUAL Y SUS DIMENSIONES. (U. d. Canaria, Ed.) *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 111.

Senge, P. (1992). *“La quinta disciplina”*. Barcelona.: Granica.

Siemens, G. (2004, Diciembre 12). Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital. (D. E. Fonseca, Trans.) Creative Commons 2.5.

Stewart, T. A. (2001). *El Capital Intelectual: La Nueva Riqueza de las Organizaciones*. Manhattan USA: Ediciones Granica, S.A.

Takeuchi, N. y. (1995). *The Knowledge creating company* . New York : Oxford University Press.

UNESCO. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento* (INFORME MUNDIAL DE LA UNESCO ed., Vols. ISBN 92-3-304000-3). (p. 1. Organización de las Naciones Unidas, Ed.) París, París France, France: Editorial UNESCO. Retrieved from <http://www.unesco.org/publications>

Ventura Victoria, J. y. (2003). *Capital intelectual y aprendizaje organizativo: Nuevos desafíos para la empresa*. (J. y. en Ventura, Ed.) Editorial AENOR.

von, B. L. (1950). *The theory of open systems in physics and biology*. Science 111.

Weber, M. (1947). *The theory of social and economic organization*. ((. A. parsons), Trans.) Nueva York: T. Parson, ed .